ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 NOVEMBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. Léon GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

OPTIQUE ASTRONOMIQUE. — *Sur un cas de diffraction des images des astres circulaires.* Note de M. **Maurice Hamy**.

J'ai abordé, dans un Mémoire récent [1], l'étude d'un problème de diffraction qui s'énonce de la forme suivante :

« Un astre circulaire de diamètre angulaire 2ε, de l'ordre de grandeur de celui du Soleil, étant observé au foyer d'une lunette diaphragmée par une fente rectiligne de largeur a et de longueur h, trouver la valeur de l'intensité lumineuse, le long de l'axe de symétrie de l'image parallèle au grand côté de la fente, dans une direction faisant l'angle φ avec la droite allant de l'observateur au centre de l'axe. »

Mes recherches sur ce sujet, poursuivies en supposant la largeur a très faible, en raison de la simplification que cette hypothèse introduit dans les raisonnements et les calculs, demandaient à être étendues au cas où la fente possède une largeur finie qui intéresse le plus les applications.

La présente Note a pour objet d'indiquer les premiers résultats auxquels je suis parvenu en considérant la question dans toute sa généralité.

Appelons λ la longueur d'onde des radiations simples, isolées par un écran coloré convenable placé devant l'œil de l'observateur.

Posons d'autre part

$$m = \pi\frac{h\sin\varepsilon}{\lambda}, \qquad n = \pi\frac{a\sin\varepsilon}{\lambda}, \qquad \alpha = \frac{\sin\varphi}{\sin\varepsilon}.$$

---

[1] *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1917.

L'intensité lumineuse dans la direction φ a pour expression

$$I = \Omega m^2 n^2 K,$$

Ω désignant une constante dépendant de l'éclat intrinsèque de la source, et K l'intégrale

$$K = \int_{-1}^{+1} \left[\frac{\sin m(u-\alpha)}{m(u-\alpha)} \right]^2 \sqrt{1-u^2}\, du \int_{-1}^{+1} \left[\frac{\sin nz\sqrt{1-u^2}}{nz\sqrt{1-u^2}} \right]^2 dz$$

qu'il s'agit d'évaluer, en tenant compte de la circonstance que m et n ont des valeurs élevées, dans les applications, vu la petitesse de λ par rapport à a et à h. On démontre que l'on a

$$16 m^2 n^2 K = 2J - L$$

en faisant

$$J = \int_c \frac{1}{u-\alpha} \frac{E^{i2n\sqrt{1-u^2}} + E^{-i2n\sqrt{1-u^2}}}{(1-u^2)^{\frac{3}{2}}} u\, du,$$

$$L = \int_c \frac{E^{i2m(u-\alpha)} + E^{-i2m(u-\alpha)}}{(u-\alpha)^2} \frac{du}{\sqrt{1-u^2}} \int_{-1}^{+1} \frac{1-\cos 2nz\sqrt{1-u^2}}{z^2} dz,$$

E désignant la base des logarithmes népériens, i le symbole $\sqrt{-1}$ et $\int_c$ une intégrale prise le long d'un contour fermé c renfermant les points $u = \alpha$, $u = -1$, $u = +1$. Après des transformations longues et délicates, les intégrales J et L peuvent être calculées, avec de faibles erreurs relatives, en s'appuyant sur des théories exposées dans mon Mémoire [1] sur l'approximation des fonctions de grands nombres.

On trouve pour J les expressions suivantes :

Pour $\alpha = 0$,

$$J = -8n\pi + 4\sqrt{\frac{\pi}{n}} \left[\cos\left(2n - \frac{\pi}{4}\right) + \frac{9}{16n} \sin\left(2n - \frac{\pi}{4}\right) + \frac{1}{n^2}(\quad) + \ldots \right];$$

Pour $0 < \alpha < 1$,

$$J = \frac{8n\pi}{\alpha^2 - 1} + 4\pi\alpha \frac{\sin 2n\sqrt{1-\alpha^2}}{(1-\alpha^2)^{\frac{3}{2}}}$$
$$+ \frac{2\sqrt{\pi}}{\alpha^2 n^{\frac{3}{2}}} \left[\cos\left(2n + \frac{\pi}{4}\right) + \frac{3(7\alpha^2 + 8)}{16\alpha^2} \frac{\sin\left(2n + \frac{\pi}{4}\right)}{n} + \frac{1}{n^2}(\quad) + \ldots \right];$$

---

(1) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1908.

Pour $\alpha > 1$,

$$J = \frac{8n\pi}{\alpha^2 - 1} + \frac{2\pi\alpha}{(\alpha^2-1)^{\frac{3}{2}}}\left[E^{-2n\sqrt{\alpha^2-1}} - E^{2n\sqrt{\alpha^2-1}}\right]$$
$$+ \frac{2\sqrt{\pi}}{\alpha^2 n^{\frac{3}{2}}}\left[\cos\left(2n+\frac{\pi}{4}\right) + \frac{3(7\alpha^2+8)}{16\alpha^2}\frac{\sin\left(2n+\frac{\pi}{4}\right)}{n} + \frac{1}{n^2}(\quad) + \ldots\right].$$

Les deux dernières formules tendent l'une et l'autre vers la valeur

$$J = -4n\pi\frac{3+4n^2}{3} + \frac{2\sqrt{\pi}}{n^{\frac{3}{2}}}\left[\cos\left(2n+\frac{\pi}{4}\right) + \frac{45}{16}\frac{\sin\left(2n+\frac{\pi}{4}\right)}{n} + \frac{1}{n^2}(\quad) + \ldots\right],$$

lorsque α tend vers 1.

Dans ces formules, le produit par n^2 des termes négligés entre crochets reste fini lorsque n augmente indéfiniment.

La détermination de L conduit à la considération des séries définies ci-dessous, dans lesquelles s désigne un entier positif ou nul et Γ la fonction eulérienne de seconde espèce :

$$S_s = \sum_{p=1}^{p=\infty}\frac{\cos(p-s)\frac{\pi}{2} + \sin(p-s)\frac{\pi}{2}}{(2p-1)(2p-2s-3)(2p-2s-1)\Gamma(p+1)}\left(\frac{n^2}{m}\right)^{p-1},$$

$$T_s = \sum_{p=1}^{p=\infty}\frac{\cos(p-s)\frac{\pi}{2} - \sin(p-s)\frac{\pi}{2}}{[4(p-s)^2-1]\Gamma(p+1)}(2p+1)\left(\frac{n^2}{m}\right)^{p-1},$$

$$U = \sum_{p=1}^{p=\infty}\frac{\left(\frac{n^2}{m}\right)^{p-1}}{(2p-1)\Gamma(p+1)}\left(\cos p\frac{\pi}{2} + \sin p\frac{\pi}{2}\right),$$

$$V = \sum_{p=1}^{p=\infty}\frac{\left(\frac{n^2}{m}\right)^{p-1}}{(2p-1)\Gamma(p+1)}\left(\cos p\frac{\pi}{2} - \sin p\frac{\pi}{2}\right),$$

$$W = \sum_{p=1}^{p=\infty}\frac{2p+1}{2p-1}\frac{\left(\frac{n^2}{m}\right)^{p-1}}{\Gamma(p+1)}\left(\cos p\frac{\pi}{2} - \sin p\frac{\pi}{2}\right),$$

$$Z = \sum_{p=1}^{p=\infty}\frac{2p+1}{2p-1}\frac{\left(\frac{n^2}{m}\right)^{p-1}}{\Gamma(p+1)}\left(\cos p\frac{\pi}{2} + \sin p\frac{\pi}{2}\right).$$

On a pour L les expressions suivantes :

Pour $\alpha = 1$,

$$L = 32n^2\sqrt{2\pi m}\left[S_0 + \frac{T_0}{16m} + \frac{1}{m^2}(\quad) + \ldots\right].$$

Lorsque α est différent de 1, il convient de poser

$$x = 2m(\alpha - 1).$$

Si x est un nombre suffisamment élevé en valeur absolue, on a, pour $0 < \alpha < 1$,

$$\frac{L}{32n^2\sqrt{2\pi m}} = -\frac{1}{2}\sqrt{\pi}\sqrt{-x\left(2+\frac{x}{2m}\right)}\int_{-1}^{+1}\frac{1-\cos\sqrt{-2\frac{n^2}{m}x\left(2+\frac{x}{2m}\right)}z}{-2\frac{n^2}{m}x\left(2+\frac{x}{2m}\right)z^2}dz$$
$$-\frac{1}{4x^2}(U\cos x - V\sin x) - \frac{W\cos x + Z\sin x}{4x^3} + \frac{1}{x^4}(\quad) + \ldots.$$

L'intégrale qui figure au second membre est de la forme $\int_{-1}^{+1}\frac{1-\cos qz}{q^2z^2}dz$. Elle s'exprime au moyen d'une série entière en q dont il y a lieu de faire usage tant que ce paramètre n'a pas une valeur trop élevée, savoir

$$\int_{-1}^{+1}\frac{1-\cos qz}{q^2z^2}dz = 2\sum_{p=0}^{p=\infty}\frac{(-1)^p}{2p+1}\frac{q^{2p}}{1.2\ldots(2p+2)}.$$

Lorsque q est un peu élevé, il y a avantage, au point de vue numérique, à faire usage du développement semi-convergent suivant, dans lequel p est un entier positif quelconque :

$$\int_{-1}^{+1}\frac{1-\cos qz}{q^1z^2}dz = \frac{\pi}{q} - \frac{2}{q^2} + \frac{2\cos q}{q^2}\left[\frac{1.2}{q^2} + \ldots + (-1)^{p+1}\frac{1.2\ldots2p}{q^{2p}}\right]$$
$$-\frac{2\sin q}{q^2}\left[\frac{1}{q} - \frac{1.2.3}{q^3} + \ldots + (-1)^p\frac{1.2\ldots(2p+1)}{q^{2p+1}}\right].$$

Il y a avantage à prendre pour p l'entier contenu dans $\frac{q}{2} - 1$. L'erreur relative est inférieure à $\frac{1.2\ldots(2p+2)}{q^{2p+2}}$.

Lorsque $\alpha > 1$ l'expression de L change de nature, on a alors

$$\frac{L}{32n^2\sqrt{2\pi m}} = -\frac{\sqrt{\pi}\left(1+\frac{x}{2m}\right)}{4\frac{n^2}{m}\left[x\left(2+\frac{x}{2m}\right)\right]^{\frac{3}{2}}}\left[E^{\sqrt{2\frac{n^2}{m}x\left(2+\frac{x}{2m}\right)}} + E^{-\sqrt{2\frac{n^2}{m}x\left(2+\frac{x}{2m}\right)}} - 2\right]$$
$$-\frac{1}{4x^2}(U\cos x - V\sin x) - \frac{1}{4x^3}(W\cos x + Z\sin x) + \frac{1}{x^4}(\quad) + \ldots$$

Enfin, lorsque α est très voisin de 1, x a une valeur peu élevée; les for-

mules ci-dessus ne conviennent plus. Il faut leur substituer la suivante :

$$\frac{L}{32\,n^2\sqrt{2\pi m}} = \sum_{s=0}^{s=\infty} \frac{x^s}{\Gamma(s+1)}\left[S_s + \frac{1}{16m}T_s + \frac{1}{m^2}(\quad) + \ldots\right].$$

Cette formule est d'ailleurs valable, en principe, même pour x élevé en valeur absolue; mais les calculs se compliquent de plus en plus à mesure que x s'éloigne davantage de zéro. Il convient donc pratiquement de cesser d'en faire emploi dès que x est assez élevé, en valeur absolue, pour que les premières expressions de K fournissent des résultats de précision équivalente à ceux auxquels conduit la formule considérée.

Les séries S_s, T_s, U, V, W, Z, figurant dans la dernière expression de L, peuvent être sommées sans trop de peine tant que $\frac{n^2}{m}$ a une valeur modérée. Les calculs numériques deviennent rapidement impraticables dès que $\frac{n^2}{m}$ dépasse de quelques unités le nombre 15.

On doit donc considérer les diverses formules exprimant L, données ci-dessus, comme ne s'appliquant plus pratiquement lorsque $\frac{n^2}{m}$ dépasse cette valeur.

Il faut alors recourir à d'autres moyens pour évaluer cette intégrale.

GÉOLOGIE. — *A propos de la protogine du mont Blanc.* Note de M. H. Douvillé.

L'étroite vallée de Chamonix correspond à un synclinal de terrains secondaires, resserré entre deux chaînes cristallines, celle des Aiguilles rouges et celle du mont Blanc. Malgré leur proximité, ces deux chaînes présentent dans leur composition des différences assez notables : la première présente un développement complet des terrains cristallophylliens, schistes micacés, micaschistes, gneiss granulitiques, gneiss glanduleux, gneiss granitiques, avec au Nord le lambeau de granite de Vallorcine. La série est beaucoup moins complète dans la chaîne du mont Blanc où généralement les gneiss granulitiques recouvrent directement la grande masse de la protogine. Il m'a paru intéressant de rechercher à quoi correspond cette différence, et pour cela il faut se reporter au mode de formation des gneiss.

On admet généralement que les gneiss ne sont que des schistes métamorphisés. Michel Lévy, dans son étude sur les schistes de Saint-Léon (Allier),

distingue deux sortes de métamorphismes : dans le premier, les éléments de la roche sont remis en mouvement et cristallisent, mais sans apport d'éléments étrangers; c'est ce qu'on pourrait appeler le *métamorphisme normal*, caractérisé par le développement du mica (et on pourrait ajouter de l'andalousite). Le second se développe dans le voisinage du granite dont les éléments, et le feldspath en particulier, sont injectés dans la roche qui rappelle ainsi les gneiss par l'ensemble de ses caractères. Plus tard l'auteur a étendu ce mode de formation, par injection entre les strates d'une roche granulitique, à la plus grande partie des gneiss, tout en reconnaissant que, dans certains cas, le feldspath s'est bien développé *in situ*.

En 1901, Termier fait faire un grand pas à la question en montrant que la gneissification du terrain fondamental était antérieure à la mise en place des massifs granitiques, antérieure elle-même au Stéphanien. Pour transformer les schistes en gneiss, il était nécessaire d'amener des alcalis et même en assez forte proportion (6 à 7 pour 100); l'auteur imagine pour cela des colonnes de vapeurs prenant leur origine dans la profondeur et filtrant au travers des schistes : « tout autour de ces colonnes, dit-il ([1]), le métamorphisme s'étalait, vaste tache d'huile, dans le plan des couches et de façon très inégale suivant la perméabilité ». Ce métamorphisme qu'on pourrait appeler *par imprégnation*, se serait développé dans les zones profondes des géosynclinaux : « il aurait consisté essentiellement dans un échauffement résultant de la condition géosynclinale et un apport d'alcalis et de magnésie probablement à l'état de borates ou de silicoborates. » Termier va plus loin et il ajoute : « là où sous cette double influence les terrains sédimentaires sont entrés en fusion, il s'est formé un amas liquide relativement homogène qui, par refroidissement, a donné une roche plus ou moins massive semblable au granite ([2]) ».

Cette théorie est tout à fait remarquable et séduisante, mais il me semble difficile de l'accepter intégralement au moins pour les gneiss de la première série cristallophyllienne, antérieure au terrain houiller. J'ai pu les étudier en détail, il y a longtemps déjà, pendant mon séjour dans le Limousin. J'ai été frappé à cette époque de la grande régularité de leur stratification,

---

([1]) Termier, *Sur les trois séries cristallophylliennes des Alpes occidentales* (*Comptes rendus*, t. 133, 1901, p. 964).

([2]) Termier, *Supplément à la notice sur les travaux scientifiques et résumé général*, 1908; *Sur la genèse des terrains cristallophylliens* (*Congrès géologique international*, 1910).

certains bancs pouvaient être suivis sur de grandes distances, sans présenter de modifications notables dans leur composition, et il aurait été possible d'en tracer les affleurements comme on le fait pour les terrains fossilifères. On distinguait à la partie inférieure, des couches à feldspaths largement cristallisés, gneiss granitiques et gneiss glanduleux, puis des couches de texture plus fine, gneiss granulitiques, riches en feldspaths à la base, devenant ensuite de plus en plus quartzeux et passant aux micaschistes, puis aux schistes micacés. J'ai retrouvé ensuite la même succession dans les Vosges et aux environs de Chamonix. Il semble difficile de faire concorder cette régularité et cette uniformité de structure dans ces différentes régions, avec l'action des colonnes filtrantes se propageant à la manière d'une tache d'huile, dans des terrains schisteux, en somme peu perméables.

En outre, est-on en droit d'admettre, comme on le fait implicitement, que dans ces périodes de plus en plus anciennes les conditions de dépôt ont été les mêmes qu'aujourd'hui? Il semble bien, lorsqu'on remonte dans la suite des temps, que la température a dû s'élever de plus en plus, d'où augmentation de la quantité d'eau à l'état de vapeur dans l'atmosphère, et par suite augmentation de la pression atmosphérique. On se rapproche ainsi progressivement des conditions de la période cosmique où l'atmosphère contenait tous les éléments de l'eau, mais aussi, par analogie avec ce que nous savons de la constitution du Soleil, les métaux alcalins et le calcium ([1]). Les progrès du refroidissement ont amené la précipitation des sels alcalins *à la surface* de la croûte solidifiée, puis celle de l'eau (vers 364° sous une pression de 300 atmosphères environ), donnant naissance aux mers primitives, moins abondantes et par suite bien plus chargées de sels alcalins qu'elles ne le sont aujourd'hui.

Dans ces conditions, on comprend facilement que leur action sur la croûte silicatée, résultant de l'oxydation du fer impur du noyau, ait pu donner naissance aux feldspaths et aux micas. Une partie des alcalis s'est trouvée ainsi fixée dans la croûte même, mais il en est resté encore aujourd'hui dans les mers un excédent notable, qui réparti sur toute la surface du globe constituerait une couche de plus de 40^{m} d'épaisseur. Surtout il ne faut pas perdre de vue que cette réserve était à la surface et non dans la profondeur.

Il ne semble donc pas possible de faire venir de cette profondeur les

---

([1]) H. Douvillé, *Les premières époques géologiques* (*Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 221).

colonnes filtrantes de vapeurs alcalines nécessaires pour gneissifier les schistes. Il serait bien plus simple de revenir à l'ancienne hypothèse dans laquelle les gneiss représentaient la croûte primitive elle-même. On comprendrait alors facilement que les feldspaths aient pu d'abord cristalliser largement dans des eaux très alcalines et très chaudes, c'est l'époque des gneiss granitiques et des gneiss glanduleux, puis plus finement quand la température s'abaissait (gneiss granulitiques) et enfin cesser de se former à l'époque des micaschistes.

Ces considérations ne s'appliquent bien entendu qu'à la série critallophyllienne primitive. Les couches ainsi formées n'ont pas échappé aux actions de métamorphisme : Termier nous a montré comment dans les synclinaux les gneiss ramollis et fondus sont devenus de véritables granites. Si la fusion s'est bornée aux gneiss inférieurs, granitoïdes, elle a produit les granites ordinaires; mais dans les synclinaux plus profonds elle a pu atteindre les gneiss granulitiques et même les micaschistes; dans ce cas le granite sera plus ou moins chargé d'éléments granulitiques, c'est précisément ce caractère, qui d'après les recherches de Duparc, distingue la protogine du granite ordinaire. On sait du reste combien sont fréquents dans la protogine les fragments de toutes dimensions et plus ou moins digérés, de gneiss et surtout de micaschistes. Nous sommes ainsi amenés à considérer la protogine du mont Blanc comme correspondant à un synclinal primitif plus profond que celui du granite de Valloreine et de la chaîne des Aiguilles rouges.

Cette conclusion semble, à première vue, s'accorder difficilement avec la proximité actuelle des deux chaînes, et la question demande à être examinée de plus près.

Il est facile de voir d'abord que ces chaînes ne sont pas du même âge. Dans les Aiguilles rouges, Lugeon [1] signale un premier mouvement avant le Stéphanien, mais le plissement le plus important est poststéphanien; cette chaîne paléozoïque a été arasée à la fin de cette période, et sur cette pénéplaine se sont déposés le Trias et la succession des couches secondaires qui, aujourd'hui, se poursuivent régulièrement depuis les Aiguilles rouges et le Buet, jusqu'aux escarpements des Fiz.

La chaîne du mont Blanc se présente dans des conditions bien différentes, les couches cristallophylliennes sont nettement déversées sur le synclinal des terrains secondaires qui constituent la vallée de Chamonix. Ce synclinal est lui-même couché vers l'Ouest, et ses couches inférieures, Trias

---

(1) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 842 et 984.

et Lias, présentent, comme l'a très bien fait remarquer Michel Lévy (¹), exactement la même inclinaison que les couches supérieures du cristallophyllien qui les recouvre. Il faut en conclure que celles-ci étaient à peu près horizontales au début des temps secondaires, et que par suite, au moins dans la région de Chamonix, la chaîne n'était pas encore formée à cette époque; il faut ajouter que le Lias est représenté là par des calcaires marneux à Bélemnites, c'est-à-dire par des dépôts d'une mer relativement profonde et sans aucune indication de la proximité d'un rivage. La chaîne n'a donc pris son relief qu'après les temps secondaires; elle a été soulevée, puis, suivant l'expression pittoresque de Lugeon, « culbutée par les mouvements alpins tertiaires », et notre confrère ajoute qu'elle a donné naissance alors à des nappes helvétiques.

Le synclinal de Chamonix peut nous donner quelques indications sur les mouvements qui se sont produits à cette époque; ses deux branches présentent des différences notables : à l'Est le Trias, avec ses gypses blancs saccharoïdes, et le Lias, avec ses calcaires plus ou moins marneux, ont leur faciès habituel à peine modifié, comme on peut le voir à l'est du Lavancher et au-dessous du glacier de Taconnaz; elles semblent bien être encore dans leur position originaire, par rapport aux couches anciennes. A l'Ouest, au contraire, au nord du Praz-d'en-haut, par exemple, les calcaires du Lias et du Bajocien sont entièrement broyés. C'est l'indice d'un contact anormal et très probablement d'un charriage; Lugeon était arrivé à la même conclusion, « le massif du mont Blanc, dit-il, a été poussé de quelques kilomètres vers l'extérieur alpin. » Sa couverture secondaire n'a-t-elle pas été entraînée plus loin, jusqu'aux lambeaux des Annes et de Sulens?

On voit combien sont profondes les dissemblances des deux chaînes, bien plus profondes qu'on n'aurait pu le croire au premier abord.

Je me résume :

1° Les gneiss de la série ancienne représentent les plus anciens sédiments de l'écorce terrestre.

2° Les granites résultent de la fusion des gneiss, par suite de leur enfoncement dans les synclinaux (Termier).

3° Quand cette fusion atteint les gneiss granulitiques et les micaschistes, le granite se charge d'éléments granulitiques et passe à la protogine.

4° La chaîne des Aiguilles rouges était formée et a été arasée à la fin des temps paléozoïques.

(¹) *Bull. Carte géol.*, 1892, n° 27.

5° La chaîne du mont Blanc n'a pris son relief actuel qu'à l'époque des grands mouvements alpins; à cette époque elle a été plissée et déversée vers l'Ouest, et en même temps déplacée et charriée dans cette direction.

OPTIQUE. — *Sur une solution de la photométrie hétérochrome permettant une mesure physique de l'intensité lumineuse.* Note [1] de M. A. BLONDEL [2].

Depuis quelques années, plusieurs auteurs ont cherché des méthodes permettant de réaliser avec certitude la photométrie des sources de couleurs différentes; certaines de ces méthodes proposées reposent sur la réduction de la mesure d'intensité lumineuse à une mesure radiométrique faite en faisant agir sur un bolomètre, ou sur un thermo-élément, ou sur une pile photo-électrique l'ensemble des radiations de la source, chacune affaiblie proportionnellement au coefficient de sensibilité de l'œil pour cette radiation; l'instrument physique employé joue alors le même rôle que l'œil.

On a proposé, pour réaliser ce résultat, soit de filtrer la lumière à travers des solutions ayant des pouvoirs absorbants convenables [3], ce qui présente une grande difficulté de réalisation exacte, soit de décomposer spectralement la lumière, puis d'appliquer à chaque radiation l'affaiblissement convenable. Mais les dispositifs proposés ne donnent pas une lumière suffisante et c'est ainsi que E. et R. Poli [4] ont été conduits récemment à déclarer qu'une photométrie objective pratique est impossible.

Je me propose dans ce qui suit d'indiquer une autre méthode spectrophotométrique qui permet d'obtenir plus facilement la mesure de l'intensité visible d'une source lumineuse au moyen d'un bolomètre ou d'un thermo-élément, ce qui exige, comme on le sait, une énergie lumineuse notable. Pour obtenir cette énergie, je n'utilise pas le spectroscope à la manière ordinaire, mais à la manière inverse.

Supposons que l'on prenne un spectroscope d'un type quelconque (on

---

(1) Séance du 3 novembre 1919.

(2) Note contenue dans un pli cacheté reçu dans la séance du 11 mai 1914 et inscrit sous le numéro 8166, ouvert par l'Académie dans la séance du 3 novembre 1919.

(3) NUTTING, *Electrical World*; HOUSTOUN, *Phys. Z. S.*, t. 5, 1911, p. 800); VOEGÉ, *Vortrag gehalten in der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft in Berlin*, 28 *Marz* 1914.

(4) E. et R. POLI, *Ann. d. Physik*, Bd 41, 1913, p. 812.

verra plus loin qu'il y a lieu de préférer le plus simple possible), et qu'on éclaire la fente par un écran éclairé par la source à étudier; la fente donnera sur le verre dépoli ou sur la glace photographique de la chambre noire un spectre complet, dont la dispersion en ses différents points dépend des propriétés du système réfracteur. Inversons le dispositif et plaçons maintenant sur la glace dépolie un diaphragme découpé suivant les courbes des coefficients de visibilité des radiations (corrigées comme on le verra plus loin pour tenir compte de la dispersion).

Si l'on éclaire le verre dépoli par la source à étudier et qu'on place devant la fente, qui servait tout à l'heure de source de lumière, un bolomètre ou un thermo-élément, cet appareil recevra des radiations provenant de toute la surface du verre dépoli et chacune d'elles sera affaiblie précisément suivant la sensibilité de la couleur qu'elle produit; on peut s'en rendre compte en considérant la surface du verre dépoli comme formée d'une série de petits éléments verticaux de largeur très petite, juxtaposés; chacun de ces éléments, en vertu de la loi du retour inverse des rayons, donne sur la fente une image de la couleur qui a été repérée sur le spectre obtenu dans la première opération. Si l'on enlevait le diaphragme qui porte la fente, on verrait dans le plan de celle-ci une série d'images de l'écran découpé présentant toutes les couleurs successives du spectre et toutes décalées les unes par rapport aux autres, de façon que la fente isole sur chacune de ces images une hauteur proportionnelle au coefficient de sensibilité de l'œil pour la radiation de cette couleur.

On voit qu'on peut de cette manière concentrer sur le thermo-élément l'énergie lumineuse provenant de toute la surface de l'écran découpé et qui est beaucoup plus considérable que celle qui proviendrait d'une fente unique; grâce à cette circonstance et à l'emploi d'un galvanomètre extra-sensible, cette méthode spectroscopique permet de faire sur les sources usuelles des mesures galvanométriques avec une convenable précision.

Le dispositif est d'ailleurs extrêmement simple puisqu'il résulte de l'inversion d'un spectrographe; on va voir qu'il se prête avec une égale facilité à toutes les corrections nécessaires, qui sont les suivantes :

1° *Correction de dispersion.* — Si l'on emploie un spectrographe à prisme, le spectre projeté sur le verre dépoli a des abscisses dilatées inégalement par rapport au spectre normal; on peut aisément déterminer la loi de variation de la dispersion en photographiant un spectre de ligne ou spectre solaire et le comparant au spectre normal; on peut tracer ainsi d'une manière sûre

la courbe de dispersion ayant pour abscisses les abscisses x de la photographie et pour ordonnées les longueurs d'onde l correspondantes. La tangente à cette courbe en un point quelconque indique par son coefficient angulaire $\left(\text{tangente } a = \frac{dl}{dx}\right)$ l'inverse du coefficient de dilatation du spectre obtenu; il suffit de multiplier par ce coefficient l'ordonnée correspondante de la courbe de sensibilité pour lui donner la hauteur exacte qu'elle doit avoir sur l'écran découpé.

Comme courbes de sensibilité, on peut employer soit les courbes de Kœnig ([1]), soit celles plus récentes de Herbert et Ives ([2]). D'après ces auteurs ([3]), les courbes de visibilité en fonction de la longueur d'onde varient avec l'intensité absolue de l'éclairement; avec une ouverture de pupille ordinaire de 10^{mm^2}, les faibles éclairements sont ceux qui sont inférieurs à 0,1 lux et les forts éclairements sont ceux qui sont supérieurs à 4 lux.

On commence par transformer ces courbes en les reportant point par point sur l'échelle des abscisses x du spectre enregistré au spectrographe, c'est-à-dire qu'on multiplie les abscisses par $\frac{x - x_0}{l - l_0}$ en prenant par exemple $x_0 = l_0 = 0,4^{\mu}$, puis on multiplie les ordonnées par la fonction $\frac{dl}{dx}$ définie plus haut.

On découpera deux écrans noirs suivant les deux courbes ainsi obtenues et l'on mettra l'un ou l'autre à volonté dans le spectrographe, suivant qu'on veut mesurer l'effet de la lumière étudiée pour les éclairements forts ou pour les éclairements faibles.

2° On pourra corriger encore ces courbes pour tenir compte d'effets secondaires, tels que l'absorption inégale des différents rayons par le verre des prismes et la variation de la perte par réflexion au passage des faces des prismes en fonction de la longueur d'onde. Cette seconde correction est en général peu importante; quant à la première, on peut la calculer d'après les courbes d'absorption du verre employé, mais comme l'épaisseur traversée n'est pas la même pour tous les rayons du même faisceau parallèle, on doit calculer l'épaisseur moyenne du prisme suivant les rayons.

([1]) Voir Arthur Kœnig, *Gesammelte Abhandlungen zur physiologischen Optik*, p. 144-214.

([2]) Herbert et Ives, *Electrical World*, t. 57, 1911, p. 1555-1568. — Voir aussi Thovert, *Journal de Physique*.

([3]) Si l'on veut se placer au point de vue de l'acuité visuelle et non de la sensation lumineuse, il faudrait remplacer ces courbes par celles de Langley, pour faible éclairement (cf. *Recueil des Constantes de la Société de Physique*).

Mieux vaut éliminer cette correction en employant des verres convenables, notamment des verres lourds à la baryte, ne présentant pas la coloration jaune des flints ordinaires.

On voit, à ce point de vue, tout l'intérêt qu'il y a à employer un spectroscope à un seul prisme, de façon à réduire les causes d'erreurs et à en rendre le calcul facile. Il faut également éliminer toute lumière diffuse dans l'appareil au moyen d'écrans noirs, percés de trous, placés dans les tubes qui peuvent être également recouverts intérieurement de velours noir.

Toutes ces précautions sont nécessaires si l'on veut que la méthode soit précise. Pour éviter toute erreur résultant de l'obliquité des rayons émis par l'écran lumineux, il est bon de le faire non pas en verre dépoli (qui ne donne qu'une apparence de diffusion), mais en verre d'albatrine [1] mince, parfaitement blanc et dont l'indicatrice de diffusion est sensiblement sphérique.

Pour augmenter la sensibilité, il y a intérêt à ce que l'écran découpé soit le plus petit possible, de facon qu'on puisse en rapprocher le plus possible la source de lumière sans qu'il y ait à craindre d'erreur provenant de l'obliquité des rayons tombant de la source sur le diffuseur; ce dernier reste toujours indispensable pour rendre uniforme l'éclat de la surface limitée par l'écran découpé. On peut diminuer les dimensions de ce dernier en employant entre lui et le prisme une lentille de plus court foyer que celle qui a servi à l'étude spectrographique préliminaire; il suffit de réduire proportionnellement à la longueur focale les dimensions de la fenêtre découpée dans l'écran noir et de tailler soigneusement en biseau les bords de cette fenêtre; on peut ainsi ramener ces dimensions à environ 1^{cm} de largeur.

Une autre manière d'augmenter la sensibilité est de doubler l'ouverture en traçant au-dessous de l'axe des abscisses une courbe symétrique de la première. Le thermo-élément ou le fil du bolomètre doit avoir une hauteur totale au moins égale à la distance entre les bords supérieurs et inférieurs de l'image de l'ouverture découpée projetée dans le plan de fente d'observation.

Cet appareil peut être étalonné en valeur absolue, en le tarant sur l'éclairement produit par une source connue à une distance connue; il peut servir encore plus facilement d'appareil de comparaison en le plaçant près d'un banc photométrique portant deux sources de lumière entre lesquelles on

---

(1) Voir A. Blondel, *Recueil des Constantes physiques*.

dispose un miroir pouvant tourner autour d'un axe vertical et prendre deux positions à 45° permettant de renvoyer alternativement les rayons de chaque source de lumière SS′ sur l'écran diffusant E de l'appareil. On fait ainsi deux lectures successives de l'énergie reçue par l'instrument radiométrique et le rapport de ces deux lectures donne le rapport des éclairements.

Remarques additionnelles présentées le 3 *Novembre* 1919. — La Communication qui précède, du 9 mai 1914, résumait une étude que la déclaration de guerre a interrompue et qui n'a pu être reprise qu'en 1916. Dans l'intervalle, des recherches analogues ont été exécutées et publiées à l'étranger, notamment par M. Herbert-F. Ives [1] avec une disposition inverse de la mienne; mais cet auteur a réalisé seulement un *nitomètre*, mesurant l'éclat intrinsèque d'une source de lumière, faute d'une sensibilité suffisante pour la photométrie proprement dite, et c'est pourquoi sans doute il est revenu à l'emploi des solutions absorbantes [2].

Après avoir essayé d'abord une pile linéaire de Rubens, j'ai employé avec plus de satisfaction pour ces expériences une pile courante linéaire que M. Coblentz a bien voulu construire pour moi. Cette pile, de 18 éléments argent-bismuth, a une surface utile de $1,8 \times 16^{mm}$, hauteur notablement supérieure à celle (12^{mm}) de l'image de l'ouverture (hauteur maxima de la découpure 24^{mm}); elle est protégée par un verre opaque aux rayons de plus de $0^{\mu},4$ de longueur d'onde; la résistance intérieure est de 2 ou 8 ohms suivant que les éléments sont groupés en série parallèle ou en série; le galvanomètre (galvanomètre Broca) employé avec cette pile avait deux bobines de 1,1 ohm donnant, quand elles sont en parallèle, à la fréquence de 5 secondes, une sensibilité d'environ 160^{mm} par microampère ou de 147^{mm} par microvolt. A titre d'exemple, je dirai qu'une lampe à filament de carbone de 50 bougies au régime de 3,5 watts par bougie placée à une distance de 30^{cm} de l'écran opalin donnait une déviation de l'ordre de 10^{mm}. J'avais cru pouvoir augmenter cette sensibilité par la construction d'un galvanomètre plus sensible, mais ce dernier avait une résistance intérieure trop forte. J'ai entrepris depuis 1916, avec

---

(1) Herbert-F. Ives, *A precision Eye* (*The Physical Review*, nouvelle série, vol. 6, n° 5, novembre 1915).

(2) Herbert-F. Ives and F.-F. Kingsbury, *Physical Photometry with a thermopile artificial eye* (*The Physical Review*, nouvelle série, vol. 6, n° 5, novembre 1915). — Voir aussi Fabry, *A practical solution of the Problem of Heterochromatic Photometry* (*Trans. I. F. S.*, juin 1913, p. 302).

la collaboration de M. Touly [1], qui m'avait assisté dans les expériences, la recherche d'un autre moyen d'amplification de la sensibilité des mesures thermo-électriques. Nous avons décrit, dans une récente Communication, un amplificateur thermo-ionique réalisant, grâce à la régénération, avec une stabilité suffisante, une amplification de 300 à 400 avec deux lampes. Sa sensibilité est assez élevée pour qu'on en puisse faire l'application à cet intégrateur photométrique.

En effet, si l'on compare une pile thermo-électrique à éléments en série de 10 ohms de résistance à une lampe à 3 électrodes de 20000 ohms, par exemple, de résistance entre filament et plaque, et si l'on emploie dans chaque cas un galvanomètre de résistance égale à celle de l'appareil (et qui est la condition de sensibilité maxima du galvanomètre de volume donné), on voit que la sensibilité sera réduite dans le rapport $\frac{1}{\sqrt{1000}} = \frac{1}{33}$ environ; notre rapport d'amplification de 400 donnera à l'intégrateur photométrique une sensibilité $\frac{400}{33} = 11,1$ fois ou pratiquement 10 fois plus forte. Nous étudions d'ailleurs l'addition d'un premier échelon d'amplification formé d'un amplificateur semblable avec un coefficient 100 à 250 qui permettra d'obtenir un coefficient d'amplification total de la force électromotrice thermo électrique d'au moins 1000; l'intégrateur réalisera alors un photomètre assez sensible pour comparer avec précision des éclairements hétérochromes de l'ordre de grandeur des éclairements usuels. Les résultats définitifs seront présentés ultérieurement à l'Académie.

ANATOMIE. — *La coaptation des fémurs antérieurs et de la tête chez les Phasmes.* Note de M. L. Cuénot.

En mécanique animale, une coaptation est l'ajustement mécanique de deux parties indépendantes, réalisant un dispositif analogue à celui que constituent un bouton-pression et son logement, ou une clé anglaise et l'écrou qu'elle enserre, etc. Les coaptations sont extrêmement nombreuses

---

[1] A. Blondel et Touly, *Nouveaux amplificateurs photométriques universels* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 557).

La difficulté à résoudre était d'obtenir à la fois : 1° une grande sensibilité par la régénération; 2° une suffisante stabilité; 3° la proportionnalité du courant aux forces électromotrices à amplifier.

dans le règne animal; je ne m'occuperai ici que de l'une d'elles, la coaptation des pattes antérieures des Phasmes par rapport à la tête; c'est un insignifiant détail de structure, à ce qu'il semble, mais il pose le problème peut-être le plus difficile de la Biologie.

Chez un très grand nombre de Phasmides, les fémurs antérieurs présentent dans leur région proximale une partie amincie et courbée, la concavité étant du côté de la tête; dans la pose de repos diurne, lorsque les pattes antérieures s'étendent en avant et s'accolent dans le prolongement du corps, en formant à elles deux une mince gouttière rigide dans laquelle se logent les antennes rapprochées, les courbures fémorales moulent exactement la tête, en dessous des yeux, en laissant ceux-ci à découvert. Les deux autres paires de pattes ne présentent rien de semblable.

La morphologie comparée nous apprend que le dispositif coaptatif n'a rien à voir avec la protection d'antennes fragiles, car il existe aussi bien chez des espèces à antennes très courtes (*Bacillus*) que chez celles à longues antennes sétacées; on le retrouve, mais sous une forme un peu différente, chez les Phyllies, dont les fémurs antérieurs, élargis en feuilles, ont un contour interne qui correspond à celui de la tête, bien que les pattes ne puissent se rejoindre en avant. Le dispositif manque ou est à peine indiqué chez quelques espèces (notamment les *Promachus* épineux, à longues antennes, et quelques formes trapues).

Le dispositif coaptatif est parfait dès la naissance, lorsque le petit Phasme sort de l'œuf; souvent, on le voit, à peine éclos, étendre en avant ses pattes antérieures qui s'appliquent rigoureusement contre la tête. Or, il est extrêmement remarquable, comme l'a déjà vu Stockard [1], que ce caractère ne peut pas être préparé *mécaniquement* chez l'embryon; en effet, chez celui-ci, comprimé dans sa coque, les trois paires de pattes sont fortement repliées sur elles-mêmes, rabattues sous le ventre, et il n'y a *aucun* contact entre la tête et les fémurs antérieurs, donc aucune possibilité d'un moulage de ceux-ci sur celle-là.

Comment ce caractère a-t-il pu s'édifier dans sa perfection actuelle? Il est certain que le fait d'accoler les pattes antérieures en prolongement du corps contribue à donner aux Phasmes l'aspect de tige, si caractéristique de ces Insectes, aspect qui est communément regardé comme ayant une valeur protectrice; je crois en effet que leur ressemblance remarquable de

---

(1) Stockard, *Inheritance in the walking-stick, Aplopus Mayeri* (*Biol. Bull.*, t. 16, 1909, p. 239).

couleur et de forme avec leur support habituel (par exemple *Bacillus gallicus* Charp. sur les touffes de Genêt, comme à Arcachon), jointe à leur immobilité diurne, peuvent les dissimuler aux yeux des prédateurs tels que les Oiseaux et les Mantes qui chassent à la vue, et contribuent à sauver au moins quelques individus qui perpétuent l'espèce. L'expérience suivante paraît le prouver : Foucher a placé dans les lierres d'un jardin un grand nombre de *Carausius morosus* Brun. qui ressemblent beaucoup aux tiges de cette plante; les Merles et les Moineaux, bien que ne connaissant pas ces Insectes exotiques (indiens), pas plus d'ailleurs qu'aucun Phasmide, n'ont pas tardé à les découvrir et à les manger; néanmoins, les *Carausius* ont persisté plusieurs mois sur ce Lierre; s'ils avaient été plus visibles, ils auraient sans doute été détruits jusqu'au dernier en quelques heures.

Mais même si l'accolement des pattes antérieures, qui ne peut se produire que si leur base contourne la tête, est un détail qui a quelque utilité au point de vue défensif, il est évident qu'il n'a cette valeur qu'à l'état actuel de perfection, et qu'on ne peut concevoir un processus de variation lente, suivie de sélection favorisant des individus dont les pattes, par variation fortuite, avaient la possibilité de se rapprocher un peu de la ligne médiane. C'est du reste l'argument que l'on a opposé avec raison à Darwin au sujet du rôle constructeur de la sélection naturelle, pour les organes dont l'utilité n'est admissible que dans un état parfait (comme les organes électriques des Poissons). Les stades de début ne peuvent avoir aucune utilité et par conséquent ne donnent pas prise à la sélection.

Il n'y a pas à songer non plus à une mutation de hasard ayant produit d'un seul coup le dispositif coaptatif, suivie d'une sélection qui aurait favorisé les mutants, mieux protégés que les Phasmes non modifiés. C'est tout à fait invraisemblable, d'abord en raison de la perfection mécanique du dispositif; ensuite, si les Phasmes pouvaient vivre et persister avant l'apparition de la mutation, c'est que celle-ci n'était pas indispensable; elle ne pouvait donc pas constituer un avantage tel que les Phasmes non modifiés disparussent fatalement devant les autres.

A leur tour, les lamarckistes diront que les Phasmes, éprouvant le besoin d'accoler les pattes en avant, ont fait des efforts tels que les fémurs antérieurs, relativement malléables, se sont courbés en pressant contre la tête; après un certain nombre de générations, la courbure s'est fixée dans l'ontogenèse, si bien qu'elle apparaît maintenant chez l'embryon, *sans rapport aucun* avec la cause mécanique qui a provoqué son développement chez les Phasmes éclos.

Le fait que le dispositif existe dès la naissance est une présomption qu'il se prépare chez l'embryon, en dépit de la position des pattes chez ce dernier; *s'il en était ainsi*, ce serait une preuve bien forte, la plus forte que je connaisse, en faveur de l'hérédité des caractères acquis par l'usage, et bien que le processus par lequel de tels effets mécaniques deviendraient héréditaires reste inconcevable, on serait bien forcé de s'incliner et d'accepter la théorie lamarckiste dans toute son étendue.

En réalité, chez le seul Phasme que j'ai pu étudier (*Carausius morosus*), il ne semble pas que la courbure fémorale existe chez l'embryon, examiné peu de temps avant l'éclosion; il faut donc qu'elle se forme durant l'éclosion elle-même. Au début de celle-ci, le corps, courbé en arc, fait saillie en dehors de la coque, où restent engagées les antennes, les pattes et les deux extrémités du corps de l'animal; puis la région céphalique se dégage en entraînant les antennes. A ce moment, la tête, en dessous des yeux, est coincée entre les fémurs antérieurs, qui paraissent s'appliquer très fortement sur elle; il est probable que c'est à ce moment que se fait le moulage des fémurs, alors extrêmement mous, sur la tête plus résistante.

Si les choses se passent bien ainsi, *la courbure est acquise mécaniquement par chaque individu, et n'a pas de représentation germinale*, ce qui est une preuve très forte contre le lamarckisme. Son apparition est due à un accident mécanique fortuit, indépendant de toute question d'utilité ou d'usage; l'animal en tire parti pour prendre pendant le jour une attitude particulière, qui peut lui être commode pour le repos ou avantageuse au point de vue de la ressemblance protectrice; mais c'est le dispositif coaptatif qui a déterminé l'attitude et non point celle-ci qui a provoqué l'apparition du dispositif.

M. le Secrétaire perpétuel informe l'Académie que quelques exemplaires des statuts et projets de statuts étudiés à la Conférence de Bruxelles sont à la disposition des membres de l'Académie qui désireraient les consulter.

M. Baillaud adresse un rapport sur l'emploi qui a été fait de la subvention accordée, en 1916, à l'Observatoire de Paris, sur la fondation Loutreuil.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la désignation d'un de ses Membres qui sera présenté au choix de l'Institut pour faire partie du *Conseil supérieur de l'Instruction publique.*

M. **Émile Picard** réunit la majorité absolue des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la désignation de deux Membres de la *Commission supérieure des maladies professionnelles.*

MM. **A. Laveran** et **Quénu** réunissent la majorité absolue des suffrages.

NOMINATIONS.

M. **G. Kœnigs** est adjoint à la délégation de l'Académie aux fêtes de réinstallation de l'Université de Strasbourg.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats à la chaire d'*Organographie et Physiologie végétales*, déclarée vacante au Muséum d'Histoire naturelle par arrêté du 31 juillet 1919.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de première ligne, le nombre de votants étant 46,

M. Costantin obtient . . . . 46 suffrages

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre de votants étant 44,

M. Viguier obtient . . . . 41 suffrages

Il y a 3 bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne . . . . M. **Costantin**
En seconde ligne . . . . M. **Viguier**

CORRESPONDANCE.

M. **Albert Robin** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Division des Académiciens libres, par le décès de M. *Landouzy*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les gîtes minéraux*, par M. Stanislas Meunier.

2° *Manuel de Chimie analytique*, par F.-P. Treadwell et Marcel Boll. Tome II : *Analyse quantitative*. (Présenté par M. A. Haller.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Surfaces de translation et surfaces minima dans les espaces courbes*. Note de M. E. **Bompiani**.

1. La notion de parallélisme, introduite par M. T. Levi-Civita [1], dans les espaces courbes définis par le carré de l'élément linéaire

$$(1) \qquad ds^2 = \sum_{ik}^{n} {}_{1}\, a_{ik}(x_1, x_2, \ldots, x_n)\, dx_i dx_k,$$

permet d'étendre à un espace quelconque la notion et les propriétés des surfaces de translation et des surfaces minima.

Je rappelle la définition du parallélisme. Soient donnés deux éléments linéaires, caractérisés par les symboles d et δ des différentielles des x_i,

[1] *Nozione di parallelismo in una varietà qualunque, etc.* (*Circ. matemat. di Palermo*, t. 42, 1917). Voir aussi, pour la définition intrinsèque du parallélisme, le Mémoire de M. Severi : *Sulla curvatura delle superficie e varietà* (*Ibid.*).

sortant d'un même point P de l'espace V_n défini par (1). L'élément linéaire sortant de $P'(x_i + dx_i)$ dans la direction $\delta + d\delta$, l'opération $d\delta$ étant définie par les équations

$$d\delta x_i = -\sum_{jl}^{n}{}_{1} \left\{ \begin{matrix} jl \\ i \end{matrix} \right\} dx_j \, dx_l \tag{2}$$

est, par définition, *parallèle* à l'élément δ sortant de P $\left[\text{on désigne par } \left\{ \begin{matrix} jl \\ i \end{matrix} \right\}\right.$ les symboles de Christoffel, relatifs à (1), de deuxième espèce$\left.\right]$.

Si l'on transporte l'élément δ tout le long d'une courbe c, sortant de P, on aura une bande élémentaire de surface. Il est tout à fait naturel de répéter la même construction pour tous les éléments d'une courbe γ, sortant de P, en transportant son élément sortant d'un de ses points Q le long de la courbe analogue à c qui passe par Q et qui forme le bord d'une bande élémentaire analogue à celle précédemment considérée. On arrive alors à une surface douée de la propriété suivante :

Il existe sur la surface un réseau de courbes telles que les éléments des courbes d'un système [quelconque, à cause de l'invertibilité des symboles d et δ en (2)] sortant des points d'une courbe de l'autre système sont entre eux parallèles au sens de M. Levi-Civita (la courbe de transport étant la dernière considérée).

On a ici la généralisation tout à fait naturelle des *surfaces de translation* aux espaces courbes à un nombre quelconque de dimensions; je conserverai la même dénomination.

Il est évident que si l'on établit sur la surface un système de coordonnées curvilignes τ_1, τ_2 dont les lignes τ_1 ($\tau_2 =$ const.) et τ_2 ($\tau_1 =$ const.) sont celles du réseau, on a les *équations à dérivées partielles caractéristiques des surfaces de translation dans les espaces courbes :*

$$\frac{\partial^2 x_i}{\partial\tau_1 \partial\tau_2} + \sum_{kl} \left\{ \begin{matrix} kl \\ i \end{matrix} \right\} \frac{\partial x_k}{\partial\tau_1} \frac{\partial x_l}{\partial\tau_2} = 0. \tag{3}$$

2. D'après la définition même de l'opération $d\delta$, on a $d\delta s = \delta\, ds = 0$, c'est-à-dire que les longueurs des arcs des lignes τ_1 (ou τ_2) compris entre deux lignes τ_2 (ou τ_1) sont égales; on le voit aussi géométriquement, parce que, pour un des deux systèmes de lignes, la propriété résulte de la définition et pour l'autre de l'invertibilité des symboles d et δ.

3. La génération des surfaces minima donnée par Lie s'étend aux surfaces minima dans un espace quelconque. En effet :

Les surfaces minima dans un espace quelconque, défini par (1), *sont des surfaces de translation, les courbes du réseau étant les courbes de longueur nulle de la surface; cette propriété est caractéristique des surfaces minima.*

Une condition nécessaire pour que soit nulle la variation de l'aire

$$\sigma = \int\int \sqrt{EG - F^2}\, d\tau_1 d\tau_2,$$

où

$$E = \sum a_{ik} \frac{\partial x_i}{\partial \tau_1} \frac{\partial x_k}{\partial \tau_1}, \qquad G = \sum a_{ik} \frac{\partial x_i}{\partial \tau_2} \frac{\partial x_k}{\partial \tau_2}, \qquad F = \sum a_{ik} \frac{\partial x_i}{\partial \tau_1} \frac{\partial x_k}{\partial \tau_2}$$

(étendue à un contour fixé), est que l'on ait

$$\frac{\partial}{\partial \tau_1} \frac{\partial \sqrt{EG - F^2}}{\partial x_i^{10}} + \frac{\partial}{\partial \tau_2} \frac{\partial \sqrt{EG - F^2}}{\partial x_i^{01}} - \frac{\partial \sqrt{EG - F^2}}{\partial x_i} = 0,$$

où l'on a posé

$$\frac{\partial x_i}{\partial \tau_1} = x_i^{10}, \qquad \frac{\partial x_i}{\partial \tau_2} = x_i^{01},$$

et l'on posera

$$\frac{\partial^2 x_i}{\partial \tau_1 \partial \tau_2} = x_i^{11}.$$

Se rapportant aux lignes de longueur nulle de la surface

$$(E = G = 0, \quad \sqrt{EG - F^2} = F\sqrt{-1}),$$

on a

$$\frac{\partial F}{\partial x_i^{10}} = \sum_k a_{ik} x_k^{01}, \qquad \frac{\partial F}{\partial x_i^{01}} = \sum_k a_{ik} x_k^{10}, \qquad \frac{\partial F}{\partial x_i} = \sum_{lk} \frac{\partial a_{lk}}{\partial x_i} x_l^{10} x_k^{01},$$

$$\frac{\partial}{\partial \tau_1} \frac{\partial F}{\partial x_i^{10}} = \sum_k a_{ik} x_k^{11} + \sum_{kl} \frac{\partial a_{ik}}{\partial x_l} x_l^{10} x_k^{01}, \quad \frac{\partial}{\partial \tau_2} \frac{\partial F}{\partial x_i^{01}} = \sum_k a_{ik} x_k^{11} + \sum_{kl} \frac{\partial a_{il}}{\partial x_k} x_l^{10} x_k^{01},$$

et, par conséquent, la condition précédente s'écrit

$$2 \Sigma_k a_{ik} x_k^{11} + \Sigma_{kl} \left(\frac{\partial a_{ik}}{\partial x_l} + \frac{\partial a_{il}}{\partial x_k} - \frac{\partial a_{lk}}{\partial x_i} \right) x_l^{10} x_k^{01} = 0$$

ou bien

$$\Sigma_k a_{ik} x_k^{11} + \Sigma_{kl} \begin{bmatrix} kl \\ i \end{bmatrix} x_l^{10} x_k^{01} = 0.$$

Si l'on multiplie cette équation par $a^{(i\nu)}$ (élément réciproque de $a_{i\nu}$) et

si l'on additionne les équations analogues par rapport à l'index i, on a

$$x_i^{11} + \Sigma_{kl} \begin{bmatrix} kl \\ \nu \end{bmatrix} x_l^{10} x_k^{01} = 0,$$

dont la coïncidence avec (3) prouve le théorème.

4. Si $n = 3$, on peut, avec Voss [1], définir les lignes asymptotiques de la surface (par rapport à V_3) : ce sont les lignes dont les éléments linéaires appartiennent aux lignes géodésiques de V_3 ayant un contact du second ordre avec la surface. On trouve sans difficulté que :

Les surfaces minima dans un espace quelconque à trois dimensions jouissent de la propriété caractéristique d'avoir les lignes asymptotiques orthogonales entre elles; ces lignes forment un réseau isothermique [2].

ASTRONOMIE. — *Retour de la comète Finlay, retrouvée par M. Schaumasse : comparée par M. Fayet avec la comète récente Sasaki.* Télégrammes communiqués par M. **B. Baillaud.**

Nous avons reçu, successivement, les deux dépêches suivantes, la première de M. Bailey, de l'Observatoire de Harvard College, la seconde de M. Fayet, directeur de l'Observatoire de Nice :

Kyoto câble que Sasaki a découvert, le 25 octobre, une comète de 9e grandeur, diffuse, précédant ψ Capricorne. BAILEY.

Comète périodique Finlay retrouvée par Schaumasse à la position suivante :

9 novembre, $7^h 30^m,8$, temps moyen de Nice, asc. droite $336°45'9''$, dist. polaire $103°23'20''$, grandeur 9,0.

En admettant un retard de 9 jours dans la date du passage au périhélie des éléments Fayet, identification certaine avec l'objet découvert par Sasaki.

FAYET.

---

(1) *Zur Theorie der Transformation quadratischer Differentialausdrücke und der Krümmung höherer Mannigfaltigkeiten* (*Mathem. Annalen*, Bd. 16, 1880, § III).

(2) Les surfaces minima dans les espaces courbes à trois dimensions ont été étudiées par M. Bianchi (*Lezioni di Geometria differenziale*, t. 2, 1903, p. 577) : la propriété qu'il en donne (d'avoir la courbure moyenne nulle) est, comme dans l'espace euclidien, équivalente à celle relative aux asymptotiques.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Temps et température de formation d'un astre.* Note de M. A. VÉRONNET, présentée par M. B. Baillaud.

L'énergie cinétique produite par la chute d'une couche sphérique d'épaisseur dr, de densité ρ, qui s'ajoute à la masse m, est

$$dE = 4\pi f \rho m r \, dr.$$

L'énergie calorifique rayonnée pendant le même temps dt, par la surface supposée à la température T, sera, d'après la loi de Stefan,

$$dQ = 4\pi r^2 q_1 \frac{T^4}{T_1^4} dt,$$

q_1 étant la quantité de chaleur rayonnée par cm^2 : sec à la température T_1.

La quantité de chaleur absorbée par la masse est négligeable par rapport à la chaleur totale. On peut écrire alors

$$dE = dQ, \qquad \frac{dr}{dt} = \frac{q_1}{f T_1^4} \frac{r T^4}{\rho m}.$$

Cette formule donne la température d'équilibre de la couche de rayon r en fonction de la vitesse d'accroissement $\frac{dr}{dt}$ du rayon de l'astre et réciproquement.

Supposons d'abord la densité et la température uniformes, $T = T_1$, on obtient

$$\frac{dr}{dt} = \frac{3}{4} \frac{q_1}{\pi f} \frac{1}{\rho^2 r^2}, \qquad t = \frac{4}{9} \frac{\pi f}{q_1} \rho^2 r^3 = \frac{1}{3} f \frac{\rho m}{q_1}.$$

La vitesse de formation serait inverse du carré du rayon, plus rapide au début et infinie au centre. C'est plutôt le contraire qui est arrivé. Supposons la vitesse d'accroissement constante, on obtient pour le temps de formation t une valeur trois fois plus grande. La température moyenne de la masse serait encore les $\frac{6}{7}$ de celle de la surface.

Supposons enfin la vitesse de formation nulle au début et proportionnelle au carré du rayon, on obtient

$$t = f \frac{\rho m_1}{q_1} \left(\frac{r_1}{r} - 1 \right), \qquad T_m = \frac{3}{4} T_1.$$

La température intérieure serait de plus proportionnelle au rayon.

Le temps serait infini, si l'on remontait jusqu'au centre. On ne peut comparer le temps de formation que pour les couches supérieures. Pour $r = \frac{1}{2} r_1$, la masse intérieure négligée serait seulement le $\frac{1}{8}$ de la masse totale, le temps de formation serait égal à celui de l'hypothèse précédente, soit trois fois celui de l'hypothèse $T = T_1$.

On voit donc que dans des cas très différents, qui semblent devoir englober la formation réelle, la température moyenne de l'astre reste sensiblement égale à la température superficielle de formation et le temps de formation reste du même ordre, si l'on néglige le début et la formation du premier dixième de la masse.

Appliquons ces résultats au Soleil.

Les sources autres que l'énergie de concentration sont négligeables [1].

On peut faire deux hypothèses limites sur sa constitution interne : 1° si la température est uniforme, *les lois des gaz réels* indiquent que la densité, égale au tiers de la densité limite du gaz à la surface du noyau, croît très rapidement à l'intérieur et la densité moyenne est sensiblement égale à la densité limite (*densité maximum*) [2]; 2° si la densité est uniforme, la température croît très rapidement à partir de la surface et la température moyenne est égale à la température limite maximum, égale au plus au triple de la température superficielle du noyau, et pratiquement au double (*température maximum*) [3].

De plus, le noyau d'un astre, formé d'un mélange gazeux, reste sensiblement homogène au-dessous de l'atmosphère [4]. On peut donc considérer la densité du Soleil comme uniforme, et sa température également, mais comprise entre la température superficielle et le triple de celle-ci. A la distance de la Terre, la quantité de chaleur reçue est de 2,0 à 2,5 calories par minute. La masse du Soleil est de 2×10^{33} gr. S'il s'était formé avec une température interne égale à la température superficielle et le même rayon qu'actuellement, il aurait dû mettre de 25 à 31 millions d'années pour se former. En triplant, on obtient environ 80 millions.

Donnons au Soleil une température interne voisine de 12000°, double de sa température superficielle, sa radiation et sa vitesse de formation

---

(1) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1649.

(2) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 1035; et t. 166, 1918, p. 109.

(3) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 398.

(4) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 722.

auront été 16 fois plus grandes. Celle-ci n'a pas pu dépasser de 2 à 6 millions d'années. Si le Soleil avait une température interne de 18000°, sa formation aurait dû être $3^4 = 81$ fois plus rapide et inférieure à 1 million d'années.

Si nous supposons le Soleil plus chaud autrefois, il faut augmenter son rayon actuel. On peut, par exemple, supposer la dilatation cubique ou la dilatation linéaire constante [1]. Le temps, proportionnel à la densité, est à diviser par 2 ou 8 dans le cas d'une température double, par 3 ou 27 dans le cas d'une température triple. Nous descendons à 300000 ans et même à 30000. *Ces nombres ne dépendent que de la valeur de q_1 ou de la constante solaire.*

Il semble donc que le Soleil primitif n'a pas pu dépasser une température triple de sa température actuelle, ni son rayon une valeur double. Même dans ce cas, le temps de formation aurait dû être inférieur à 1 million d'années. Les conditions physiques n'ont jamais été très différentes des conditions actuelles.

La loi des gaz parfaits exige pour l'équilibre interne du Soleil des millions de degrés, comme température intérieure moyenne. Une température 10 fois plus grande que la température superficielle aurait exigé une formation 10000 fois plus rapide, c'est-à-dire en 8000 ans au plus. Un Soleil de 600000° aurait dû se former en 300 jours. Enfin, pour atteindre 6 millions de degrés, la nébuleuse solaire aurait dû se contracter en 7 heures.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le calcul du courant lancé dans le sol par les rails des tramways électriques.* Note de M. **Girousse**, présentée par M. Lippmann.

Le développement des tramways à courant continu avec retour du courant par les rails a inspiré de vives préoccupations au sujet de la protection des masses métalliques voisines contre les effets nuisibles des courants qui se diffusent dans le sol.

Mais pour étudier utilement les phénomènes qui se produisent et pour avoir des bases plus certaines lors de l'établissement des projets de tramways, il est nécessaire de disposer d'une théorie donnant l'état électrique de la voie, celui du sol environnant, et enfin celui des masses métalliques enterrées.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 642 et 812.

Parmi les grandeurs que doit faire connaître cette théorie figure en premier lieu l'intensité du courant qui sort de la voie en ses différents points.

En pratique, les pertes de courant peuvent être regardées comme proportionnelles aux potentiels de la voie, ces potentiels étant comptés à partir de celui du sol pris dans son état naturel.

La connaissance de ces pertes ou de ces potentiels se ramène dès lors à la résolution d'équations différentielles linéaires.

Toutefois, si l'on emploie les procédés de calcul ordinaires, on se trouve conduit à des calculs particulièrement laborieux et à des formules qui se prêtent mal aux applications.

Pour éviter ces difficultés, il convient d'adopter des procédés de calcul un peu différents et de recourir à un large emploi des tracés graphiques.

Au lieu de rechercher l'état électrique des portions successives de la voie qui sont séparées par les tramways ou par les points d'aboutissement des feeders de retour, on opère de la manière suivante :

1° On recherche les états électriques élémentaires de la voie tout entière dus à l'action combinés du sol et de *chacun* des centres électriques, tramways ou feeders, *considérés séparément ;*

2° On fait la somme de ces états électriques élémentaires.

Par cette méthode on arrive promptement pour une voie quelconque à avoir une représentation complète et claire, non seulement de son état de régime correspondant à une position quelconque des tramways, mais aussi de l'*état de régime moyen* correspondant à un parcours complet des tramways.

C'est ce dernier élément d'ailleurs qu'il convient de considérer en premier lieu ; ce serait même le seul à faire entrer en ligne de compte si les phénomènes d'électrolyse étaient exactement réversibles.

Quel que soit du reste l'état électrique, momentané ou moyen, que l'on considère, il est commode, pour simplifier les écritures, de prendre comme unité de longueur la longueur caractéristique λ que l'expérience fera connaître et qui, théoriquement, se trouve définie dans la relation

$$\lambda = \left(\frac{\rho_i + K\rho_s}{\rho}\right)^{\frac{1}{2}},$$

dans laquelle ρ représente la résistance de la voie par unité de longueur (unité arbitraire), ρ_i sa résistance d'isolement et K le coefficient qui donne

la valeur du courant de perte g en fonction de la résistivité du sol ρ_s et de son potentiel au contact de la voie u' à l'aide de l'équation

$$g = \frac{u'}{K\rho_s}.$$

Dans ces conditions, si l'on appelle u le potentiel intérieur de la voie en un point quelconque X situé à des distances x et x' de ses extrémités, j le courant venant d'un centre extérieur et arrivant au point Z situé à des distances z et z' des extrémités de la voie, L la longueur de cette voie, et si l'on pose

$$J = \rho\lambda j,$$

le potentiel en X est donné par les formules

$$u = u_z \frac{\cos h\, x}{\cos h\, z} = \frac{J_z}{\sin h\, L} \cos h\, z' \cos x, \qquad \text{pour } x < z,$$

$$u = u_z \frac{\cos h\, x'}{\cos h\, z'} = \frac{J_z}{\sin h\, L} \cos h\, z \cos x', \qquad \text{pour } x > z.$$

L'état élémentaire visé plus haut, défini par le potentiel de la voie, est représenté par deux arcs opposés de cosinusoïdes hyperboliques se rejoignant au point où se trouve le tramway ou bien au point d'attaque du feeder.

On peut ainsi, par la simple superposition d'un certain nombre de diagrammes de cette sorte, arriver à représenter graphiquement l'état électrique d'une voie quelconque, portant un nombre de tramways et de feeders également quelconque.

Parmi les résultats qu'on peut obtenir par cette méthode, on indiquera les deux suivants qui comportent de nombreuses applications.

1° Dans le cas d'une voie reliée à l'usine par une de ses extrémités, la densité du courant de perte, prise en valeur absolue, atteint à chaque instant son maximum absolu à cette extrémité; elle présente ensuite un maximum secondaire au point occupé par le tramway.

Si l'on considère ensuite l'*état moyen* correspondant à un parcours complet, la densité du courant de perte atteint son maximum absolu à l'usine même et elle présente en même temps à l'extrémité opposée de la voie un maximum secondaire. Pour les voies courtes, le premier maximum est environ le double du second; mais pour des voies plus longues, la différence s'accentue et le point neutre moyen se rapproche de l'usine. Quant aux variations de la densité en un point donné, elles peuvent atteindre une amplitude

sensiblement supérieure à celle du maximum secondaire dont il vient d'être question.

2° Dans le cas d'une voie reliée à un nombre quelconque de feeders régulièrement espacés ou équipotentialisés, le régime correspondant à un parcours complet de tramway présente généralement les particularités suivantes :

La plus grande densité du courant de perte se produit aux points d'attache des feeders de retour; une autre série de maximums secondaires se rencontre au milieu des intervalles qui les séparent et aux extrémités de la voie, mais leur grandeur n'atteint que la moitié de celle des maximums principaux.

Les points neutres se trouvent aux $\frac{3}{7}$ des intervalles des maximums successifs, comptés à partir des points d'attache des feeders.

Enfin l'importance relative du courant lancé dans le sol se trouve, pour une voie donnée, varier en raison inverse du carré du nombre des feeders de retour et en raison directe du carré de la longueur de cette voie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'inversion diastasique du saccharose : influence des produits de la réaction sur la vitesse d'hydrolyse.* Note de M. **H. Colin** et Mlle **A. Chaudun**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Tous les auteurs ont reconnu l'action retardatrice des produits de la réaction sur l'inversion diastasique du saccharose. Quelques-uns, Tammann en particulier, ont cru à la réversibilité de l'enzyme; pour V. Henri et d'autres, le sucre interverti se combinerait à la sucrase, ce qui diminuerait d'autant la quantité de ferment susceptible de se porter sur le sucre cristallisable. Si l'hypothèse de Tammann répondait à la réalité, l'hydrolyse serait incomplète en présence d'une proportion suffisante de sucre interverti et les deux sucres résultant de l'inversion exerceraient la même action retardatrice; or, l'expérience montre que l'inversion du saccharose est toujours totale quelle que soit la concentration des produits d'hydrolyse, et que le lévulose ralentit la réaction plus que le glucose. Si, comme le prétend V. Henri, le sucre interverti fixait une partie de la sucrase, son influence ne pourrait se faire sentir qu'au moment où l'enzyme cesserait d'être en excès par rapport au saccharose; de nombreuses expériences prouvent, au contraire, que les produits de la réaction retardent la vitesse, même lorsqu'ils interviennent à faible concentration et si grande que soit la teneur en sucrase. Il faut donc recourir à une autre interprétation.

Nous avons démontré précédemment (¹) que la diminution de vitesse

(¹) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1274.

due à l'accroissement de la concentration en saccharose est imputable à la viscosité des solutions, de telle sorte que la vitesse de la réaction est *fonction linéaire* de la fluidité des liqueurs. Il est donc naturel de rapporter, du moins en partie, au facteur physique viscosité le retard observé lorsqu'on hydrolyse des solutions sucrées en présence de glucose, de lévulose ou de sucre interverti; si la vitesse décroît comme la fluidité, on aura la preuve que les produits de la réaction agissent du seul point de vue physique; si, au contraire, les variations de la vitesse et celles de la fluidité suivent des lois différentes, on sera en présence d'un phénomène plus complexe.

Des solutions de saccharose de diverses concentrations sont hydrolysées en présence de doses croissantes de sucre interverti; la vitesse d'hydrolyse V est mesurée par le nombre de minutes d'arc dont tourne le plan de polarisationde la lumière en une heure, au tube à 2^{dm}, et la fluidité F par $\frac{1}{T}10^3$, T étant, en secondes, la durée d'écoulement du volume liquide compris entre les deux traits de jauge du viscosimètre d'Ostwald; ΔF représente la variation de fluidité lorsqu'on passe de la liqueur contenant du saccharose seul à une solution renfermant une certaine quantité de sucre interverti, ΔV est la variation de vitesse correspondante; les résultats obtenus sont consignés dans les Tableaux suivants :

Saccharose : 5^g *pour* 100; *Sucrase :* 5^{cm^3} *pour* 100; *Température :* 19°.

Concentration en sucre interverti (pour 100).	V.	ΔV.	F.	ΔF.	$\frac{\Delta V}{\Delta F}$.
0g	208′		22,22		
6,15	185,6	22′,4	19,23	2,99	7,48
12,30	156	52	16,13	6,09	7,54
24,60	120	88	10,63	11,59	7,58
36,90	90	118	6,49	15,73	7,50

Saccharose : 10^g *pour* 100; *Sucrase :* 5^{cm^3} *pour* 100; *Température :* 21°.

Concentration en sucre interverti (pour 100).	V.	ΔV.	F.	ΔF.	$\frac{\Delta V}{\Delta F}$.
0 g	278′,4		19,23		
7,35	243,2	35′,2	16,66	2,57	13,68
14,70	214	64,4	14,59	4,64	13,86
29,40	140	138,4	9,09	10,14	13,64
44,10	92	186,4	5,61	13,62	13,68

Saccharose : 20g *pour* 100; *Sucrase :* 5cm³ *pour* 100; *Température :* 20°,5.

Concentration en sucre interverti (pour 100).	V.	ΔV.	F.	ΔF.	$\frac{\Delta V}{\Delta F}$.
g 0	′ 266,8		16		
6,90	218,8	48′	13,16	2,84	16,90
13,80	179	87,8	10,84	5,16	17
27,60	113	153,8	6,86	9,14	16,82
41,40	56	210,8	3,62	12,38	17,02

Le quotient $\frac{\Delta V}{\Delta F}$ reste constant dans chaque série de mesures; la vitesse décroît donc comme la fluidité et l'on retrouve bien la loi $V = \alpha F + \beta$.

En comparant l'action de quantités égales de sucre interverti sur des solutions de saccharose de concentrations croissantes, on constate que, conformément aux résultats de V. Henri, un même poids de sucre interverti ralentit d'autant plus l'hydrolyse que la liqueur sucrée est plus diluée; or, la diminution de fluidité due à l'addition d'un poids déterminé de sucre interverti est plus considérable en solution faiblement concentrée qu'en solution à forte teneur en saccharose et le quotient de la variation de vitesse ΔV par la variation de fluidité ΔF est indépendant de la proportion de sucre cristallisable; c'est donc la loi $V = \alpha F + \beta$ qui, ici encore, régit le phénomène :

Composition des liqueurs.	V.	ΔV.	F.	ΔF.	$\frac{\Delta V}{\Delta F}$.
Saccharose, 5g pour 100	91′,2	»	19,60	»	»
Saccharose, 5g pour 100 + Sucre interverti, 25g pour 100	35,2	56′	7,63	11,97	4,67
Saccharose, 20g pour 100	70	»	13,33	»	»
Saccharose, 5g pour 100 + Sucre interverti, 25g pour 100	26	44	3,81	9,52	4,62

Enfin, on arrive à des conclusions analogues si l'on emploie séparément le glucose et le lévulose : le lévulose, plus visqueux, retarde la réaction plus que ne le fait la même quantité de glucose et la variation de vitesse est proportionnelle à la variation de fluidité.

Composition des liqueurs.	V.	ΔV.	F.	ΔF.	$\frac{\Delta V}{\Delta F}$.
Saccharose, 5g pour 100	131′,2	»	20	»	»
Saccharose, 5g p. 100 + Glucose, 5g p. 100	117,2	14′	18,31	1,69	8,28
Saccharose, 5g p. 100 + Lévulose, 5g p. 100	111,6	19,6	17,63	2,37	8,26

Dans tous les cas étudiés, la vitesse d'hydrolyse est fonction du premier degré de la fluidité des solutions et il faut attribuer à l'augmentation de la viscosité le retard apporté à l'inversion diastasique du saccharose par la présence du sucre interverti, du glucose ou du lévulose; les produits de la réaction n'agissent donc pas autrement que ne le ferait un corps neutre quelconque, la glycérine par exemple.

TOXICOLOGIE. — *Recherche de l'acide cyanhydrique dans un cas d'empoisonnement. Sa transformation* post mortem *en acide sulfocyanique.* Note (¹) de M. L. **Chelle**, présentée par M. Charles Moureu.

Nous avons voulu vérifier que, *dans un cas d'empoisonnement par un cyanure,* l'acide cyanhydrique se transformait en acide sulfocyanique au cours de la putréfaction cadavérique, comme nous l'avons nettement démontré *in vitro* pour le sang dans un précédent travail.

Expérience n° I. — Nous avons pris un chien de 13^{kg} et nous lui avons fait absorber par voie buccale 20^{cm^3} environ d'une solution à 1 pour 100 de CyK (soit environ 80^{mg} de CyH). L'animal est mort 8 à 10 minutes après l'absorption du toxique. Nous l'avons aussitôt autopsié et nous avons réparti chacun des organes (cerveau, foie, poumon, sang), par portions de 40^{g}, dans des flacons stérilisés et bouchés aussitôt, puis nous les avons abandonnés à la température du laboratoire (20° à 25°).

Deux heures au plus après la mort, nous avons recherché CyH dans chacun de ces organes, puis nous avons recommencé huit jours après et un mois après.

Technique (applicable aux organes et au sang). — Organe bien découpé aux ciseaux 40^{g} + eau distillée 75^{cm^3} + acide phosphorique 5^{cm^3}. Distiller et recueillir 50^{cm^3}.

a. Traiter ce distillat suivant notre technique, pour rechercher CyH, car l'acide sulfocyanique est, comme nous l'avons vérifié, resté dans le résidu.

b. Le résidu resté dans le ballon est transvasé dans une fiole jaugée de 100^{cm^3}, on complète le volume avec la solution picrique à 5 pour 100, on agite et l'on filtre. Sur 500^{cm^3} de filtrat, on recherche l'acide sulfocyanique en faisant agir le mélange oxydant sulfochromique.

(¹) Séance du 27 octobre 1919.

		Milligrammes par kilo d'organe.		
		Acide cyanhydrique existant.	Acide sulfocyanique.	CyH correspondant à CSNH et réversible.
1er jour.	Sang	6,2	0	0
	Poumon	6,75	0	0
	Cerveau	2,15	0	0
	Foie	0	0	0
8e jour.	Sang	0	12,98	5,94
	Poumon	0	35,45	16,20
	Cerveau	0	11,8	5,4
	Foie	0	0	0
30e jour.	Sang	0	12,98	5,94
	Poumon	0	34,22	15,66
60e jour.	Poumon	0	34,22	15,66

Il y avait lieu de se demander si, au cours de la putréfaction, il ne s'était pas formé d'acide sulfocyanique venant se surajouter à celui qui provient de la transformation de CyH en CSNH (ceci serait contraire à ce qui se passe pour le sang) ou bien si le premier jour nous n'avions décelé qu'une partie seulement de l'acide cyanhydrique contenu dans ces organes.

Nous penchions en faveur de cette seconde hypothèse, que nous formulions ainsi : le premier jour CyH, solidement inclus et salifié dans les cellules, n'avait pu être entièrement libéré ni par le découpage aux ciseaux des tissus, ni par l'ébullition; au contraire, après 8 jours, la putréfaction, ayant amené la cytolyse, avait permis un contact plus intime du contenu cellulaire avec les réactifs et une libération intégrale du toxique.

Un contrôle s'imposait et nous l'avons fait par les expériences suivantes :

Expérience n° II. — Chien de 15kg, tué par piqûre du bulbe, autopsié aussitôt après la mort; mis dans des flacons stérilisés des portions de 40g de cerveau, de poumon et de foie, comme pour l'expérience précédente.

Voici les résultats de la recherche des acides cyanhydrique et sulfocyanique :

		Milligrammes par kilo d'organe.	
		Acide cyanhydrique.	Acide sulfocyanique.
Poumon	1er jour	0	0
	10e jour	0	0
Cerveau	1er jour	0	0
	10e jour	0	0
Foie	1er jour	0	0
	10e jour	0	0

Ces chiffres montrent nettement qu'il ne se forme pas d'acide sulfocyanique dans la putréfaction des organes normaux.

Les quantités d'acide sulfocyanique trouvées pour notre expérience n° 1, proviennent uniquement d'une transformation de l'acide cyanhydrique ingéré.

Conclusions. — Il est donc bien établi, d'après les expériences qui précèdent :

1° Que l'acide cyanhydrique, dans les conditions habituelles, disparaît ou tout au moins est dissimulé à ses réactions ordinaires au bout de peu de temps après la mort, fait d'ailleurs reconnu par tous les auteurs;

2° Qu'à l'encontre de ce qu'on pensait jusqu'à ce jour, cet acide n'est pas détruit ou transformé d'une manière irréversible et, par conséquent, indécelable, mais que sous l'influence des produits sulfurés qui prennent naissance dans la putréfaction cadavérique, il fixe du soufre et devient acide sulfocyanique (absolument résistant à cette putréfaction), réversible en son générateur par l'action d'un oxydant approprié;

3° Que, par suite de la démonstration que nous avons indiscutablement établie, de ce fait, l'expert n'est plus mis dans l'impossibilité, à la suite d'un examen tardif d'un empoisonnement par l'acide prussique, de conclure à la réalité de cet empoisonnement, puisqu'il lui est permis, d'après nos recherches, de libérer sous sa forme primitive le toxique d'abord dissimulé à ses investigations;

4° Nous montrerons ailleurs que la présence de l'acide sulfocyanique normal n'infirme en rien ces conclusions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'alcool méthylique sur le chlorure de sulfuryle et sur le chlorosulfonate de méthyle.* Note de MM. **R. Levaillant** et **L.-J. Simon**, présentée par M. Ch. Moureu.

Le chlorure de sulfuryle est le chlorure de l'acide sulfurique, selon la définition de Gerhardt; l'alcool méthylique doit donc agir selon les deux réactions successives

$$(1)\qquad SO^2Cl^2 + CH^3OH = SO^2\left<\begin{matrix}Cl\\ OCH^3\end{matrix}\right. + HCl,$$

$$(2)\qquad SO^2\left<\begin{matrix}Cl\\ OCH^3\end{matrix}\right. + CH^3OH = SO^4(CH^3)^2 + HCl.$$

Behrend a signalé la première en 1877 sans en indiquer le rendement; celui-ci est médiocre (35 à 40 pour 100), comme nous l'avons constaté. Une

première supposition serait que l'entrée en jeu de la réaction (2) produirait du sulfate diméthylique aux dépens du chloro-éther. Cette vue serait trop simpliste, bien qu'elle semble en partie confirmée par l'expérience. L'étude directe de la réaction (2) précise le phénomène.

I. *Action de l'alcool méthylique sur le chlorosulfonate de méthyle.* — Dans le chlorosulfonate refroidi à — 10° ou — 15° et agité mécaniquement, on fait couler la quantité équimoléculaire d'abord méthylique. Par réchauffement, il se dégage un gaz riche en chlorure de méthyle. La distillation, sous pression réduite, s'effectue en deux temps : au-dessous de 100°, le chloro-éther inaltéré passe accompagné de sulfate diméthylique, puis, après un arrêt, une nouvelle portion de sulfate diméthylique passe lorsque la température du bain atteint 140° et il reste de l'acide sulfurique.

La réaction (2) se manifeste par l'apparition du sulfate diméthylique dans le premier stade de la distillation ; mais une autre réaction plus importante se révèle par le dégagement de chlorure de méthyle

$$(3) \qquad SO^2\begin{cases} Cl \\ O\,CH^3 \end{cases} + CH^3\,OH = SO^2\begin{cases} OH \\ O\,CH^3 \end{cases} + CH^3\,Cl.$$

Il se produit donc du sulfate acide de méthyle qui, à 140°, se scinde en sulfate diméthylique et en acide sulfurique.

Le phénomène est rendu plus complexe encore par la réaction mutuelle du gaz chlorhydrique et de l'alcool méthylique qui libère du chlorure de méthyle et de l'eau. Cette eau ne reste pas entièrement inactive et peut exercer son action sur la plupart des corps en présence.

Tout compte fait, le chlorosulfonate, au lieu de fournir en sulfate diméthylique un poids à peu près égal au sien (réaction 2), en produit moins de la moitié et en grande partie indirectement (réaction 3 et autodécomposition du sulfate acide de méthyle).

II. *Action de l'alcool méthylique sur le chlorure de sulfuryle.* — L'opération, conduite comme la précédente, en reçoit une interprétation logique. Tout d'abord, par une réaction primaire (1), se produit le chlorosulfonate de méthyle ; mais il est, pour une petite partie, détruit et transformé en sulfate diméthylique par la réaction (2) d'abord, et surtout en sulfate acide de méthyle par la réaction (3). On recueillera donc des produits volatils

$$H\,Cl, \quad CH^3\,Cl, \quad SO^2Cl^2$$

un mélange distillé de chlorosulfonate et de sulfate de méthyle et il restera

un résidu sulfurique retenant du sulfate acide de méthyle.

Chlorosulfonate de méthyle.....	50 à 55	pour 100 de chlorure de sulfuryle.
Sulfate diméthylique............	8 à 9	
Résidu........................	8 à 9	

On pourrait être tenté, en constatant la présence du chlorure de sulfuryle, d'employer un excès d'alcool : le résultat serait de diminuer la production de chlorosulfonate et d'augmenter celle du sulfate diméthylique.

On peut songer à éliminer les produits volatils en chauffant le liquide pendant quelque temps vers 100° avant sa distillation sous pression réduite. Mais alors la composition du mélange se trouve modifiée par action mutuelle de ses constituants (chlorosulfonate et sulfate acide de méthyle); finalement, la proportion des éthers recueillis n'est plus la même; on n'obtient par exemple, en chlorosulfonate, que 40 à 45 pour 100 du poids de chlorure de sulfuryle au lieu de 50 à 55. En revanche, la proportion de sulfate diméthylique augmente.

Ce qui précède nous instruit sur la direction à suivre pour augmenter la proportion de sulfate diméthylique. Au contraire, en employant l'agitation par un courant d'air qui entraîne une partie du gaz chlorhydrique et en prenant la précaution de laver préalablement le liquide brut avec un mélange d'eau et de glace, puis de le sécher, la proportion de chlorosulfonate est accrue (rendement 60 pour 100). La technique suivante augmente encore le rendement.

On fait tomber l'alcool méthylique dilué dans un solvant neutre — le tétrachlorure de carbone — dans le chlorure de sulfuryle associé au même solvant, refroidi et traversé par un courant d'air sec. En fin d'opération, le liquide n'est pas homogène : une mince couche liquide surnage qu'on sépare. La portion la plus importante est projetée sur glace; il se sépare une fraction non miscible qu'on sèche et qu'on distille sous pression réduite. Le tétrachlorure de carbone est en partie récupéré et utilisé à une autre opération. Le chlorosulfonate est recueilli ensuite : le rendement en produit à 95 pour 100 de pureté est de l'ordre de 70 pour 100 du rendement théorique. Le résultat cherché est donc partiellement atteint.

Remarques. — La température à laquelle il faut refroidir dépend de la quantité de solvant employée; pour une grande dilution, il serait mauvais de refroidir au-dessous de 0°.

La couche surnageante dont il a été question plus haut renferme notamment du sulfate acide de méthyle, insoluble dans le tétrachlorure de

carbone. La réaction (3) se produit donc également dans ces conditions. Inversement, on peut manifester la présence du sulfate acide de méthyle dans le premier mode opératoire par une extraction du mélange au moyen de tétrachlorure de carbone.

GÉOLOGIE. — *Relation des éruptions volcaniques avec les transgressions marines en Égypte.* Note de **M. J. Barthoux.**

En considérant les mouvements positifs du rivage et l'âge des épanchements volcaniques en Égypte, on s'aperçoit qu'il existe, entre les deux phénomènes, une relation étroite indépendante de tout autre mouvement orogénique.

Premières éruptions andésitiques. — Leur présence est révélée par les *brèches vertes* d'origine sédimentaire déjà décrites (¹) : celles-ci, à côté de galets andésitiques, contiennent beaucoup de produits de projection, lapilli et cendres. La transgression ayant donné ces « brèches » s'est donc heurtée à un massif andésitif antérieur ou contemporain.

Deuxièmes éruptions andésitiques. — Celles-ci, dont il ne reste que de nombreux filons, traversent (G. Doukhan et G. Oum-Sidri) les *brèches* et les schistes qui leur font suite, antérieurement à la deuxième série granitique (¹). Mais l'érosion, en atteignant la partie profonde des schistes, a détruit les appareils extérieurs des volcans et les sédiments contemporains.

Oscillations jurassique-miocène et miocène-pléistocène. — Le mouvement négatif de la première de ces oscillations introduit la mer jurassique de Syrie au G. Moghara (200^{km} au nord du Tih). Le rivage crétacé inférieur reste encore indéterminé, mais, au Cénomanien, la mer s'élargit considérablement jusqu'au parallèle d'Assiout, dans les déserts Arabique et Libyque, et pénètre de 200^{km} dans le golfe de Suez. Elle atteint son maximum d'extension au Crétacé supérieur, comme l'a montré M. Hume (²), par un golfe qui s'avance en bordure de la chaîne schisto-cristalline, au niveau d'Esné et pénètre en Libye jusqu'à Doungoul (sud-ouest d'Assouan).

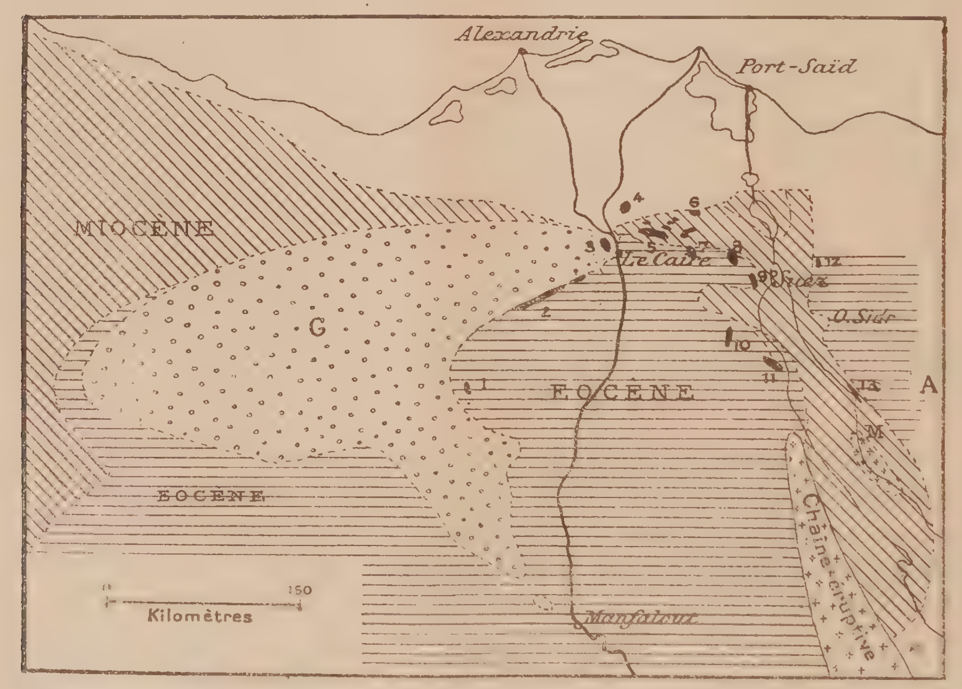
La régression commence avec l'Éocène, s'accentue à la fin de cette

(¹) J. Barthoux, *Succession des roches éruptives, etc.* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 660).

(²) W.-F. Hume, *Secular oscillations during the Cretaceous and Eocene periods* (*Q. J. Geol. Soc.*, t. 67, 1911, p. 118-148).

période dans une direction méridienne jusqu'au niveau du Caire, sensiblement : c'est, en effet, au 30° de latitude nord, à peu près, qu'est limité le rivage miocène. La régression se continue, et sur l'espace émergé se dépose un grès continental (débris végétaux) ou littoral (*scutelles*) très réduit à l'est de l'Isthme de Suez où il est englobé dans des marnes bleues. C'est l'équivalent synchronique du *schlier*. Avec le deuxième étage méditerranéen apparaît la fin de la grande oscillation précédente. Une transgression vindobonienne a lieu, encore mal délimitée à l'Ouest, mais s'avançant à l'Est sur l'Éocène, à l'emplacement actuel du golfe de Suez, entre les chaînes Arabique et Sinaïtique, jusqu'au parallèle d'Assiout.

Basaltes du Sinaï. — Les lambeaux de coulées basaltiques du Sinaï, démantelés par une érosion intense aidée elle-même par de nombreuses



Relation des basaltes méditerranéens avec la transgression miocène (schlier et 2e étage méditerranéen); G. Grès et poudingues rouge; A. Région basaltique du Sinaï (crétacé).

cassures érythréennes, s'étendent au sommet du deuxième étage de grès de Nubie et non loin des calcaires cénomaniens du Tih. Ces basaltes sont postérieurs au vestphalien et, par leur position, se rapprochent du cénomanien, ainsi que je l'ai montré dans une note précédente; ils sont donc contemporains de la trangression qui s'avance sur le Sinaï.

Volcans du Ouadi Natasch. — Les volcans du O. Natasch, auxquels j'attribue l'âge aturien [1], sont donc aussi contemporains de la grande transgression du Crétacé moyen et supérieur et voisins du rivage, car des lambeaux sénoniens subsistent 45^{km} à l'est de leur gisement (G. Nougra) sur le flanc nord du O. Natasch.

Basaltes méditerranéens. — L'âge de ces roches nous est donné par un fragment de coulée situé au nord d'El Hamra (9e station de l'ancienne route de la malle des Indes entre le Caire et Suez). Ici une coulée basaltique surmontée de tuf est intercalée dans les grès contemporains du *schlier*. D'après les variations de rivage que je viens de décrire, ces éruptions se placeraient au moment de la transgression miocène : celle-ci commence avec les marnes du *schlier* que l'on retrouve jusqu'au Sinaï, sur la rive orientale du golfe de Suez. Ces éruptions, comme le montre la figure ci-contre, suivent le rivage ou sont recouvertes par les calcaires du deuxième étage méditerranéen.

Il est impossible d'attribuer ces épanchements volcaniques à une autre cause que les mouvements donnant les variations positives du rivage. Les schistes anciens ne montrent aucune fracture, manque de repère il est vrai. Le jurassique et le crétacé s'étendent régulièrement; leurs plissements localisés dans la région septentrionale (G. Moghara, Chébréouët, etc.) se placent entre le cénomanien et l'éocène. La dépression du golfe de Suez, sur laquelle s'étale le crétacé moyen et supérieur, paraît être un golfe dû à une érosion intense plutôt qu'à un effondrement. Les marnes du *schlier*, après la régression éocène, envahissent cette même région par un mouvement négatif du sol. Des fractures de grande amplitude mais de faible étendue, de directions générales N-S et E-O, séparent les Gebels Galala, Ataka et Géneffé, et donnent l'isthme de Suez, antérieurement au premier étage méditerranéen. Enfin viennent les fractures érythréennes, postérieures au deuxième étage méditerranéen.

En résumé, on peut établir le Tableau suivant :

1°.	Andésites des *brèches vertes*......	transgression.
2°.	» postérieures aux schistes.	?
3°.	Basalte du Sinaï................	transgression Jurassique-Cénomanien.
4°.	Coulées du Ouadi Natasch........	» Cénomanien-Sénonien.
	Régression Eocène.	
5°.	Basaltes méditerranéens.........	transgression vindobonienne.

[1] Voir *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 697.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des cordons littoraux anciens des Bas-Champs de Picardie*. Note [1] de M. A. **Briquet**, transmise par M. Barrois.

L'âge des amas de galets qu'on rencontre à l'intérieur des Bas-champs de Picardie (le Crotoy, Rue, Villers-sur-Authie; Quend; Conchil-le-Temple, Waben, Verton) était jusqu'ici imprécis. Gosselet les croyait d'âge pleistocène, sans en donner la preuve décisive [2]. On pouvait aussi bien les supposer plus récents.

Une balastière, ouverte pendant la guerre dans un de ces amas au Pas-d'Authie (près de Conchil-le-Temple), montre les galets reposant sur la craie. La plate-forme de craie s'élève, sous les galets, jusqu'à une altitude de plusieurs mètres supérieure à celle de la plaine alluviale des Bas-Champs.

Une telle surface d'abrasion, véritable « plage soulevée », ne peut être récente. Elle ne date pas des derniers temps de l'histoire de la Manche, de la phase d'oscillation positive du niveau de la mer correspondant au remblaiement des vallées. Au cours de cette phase, la mer n'a plus atteint un niveau suffisant pour façonner une plate-forme de cette altitude et la couvrir d'un amas de galets de plusieurs mètres d'épaisseur.

La formation de la plate-forme date de l'époque précédente : oscillation négative et creusement des vallées. Pendant cette phase, le niveau de la mer s'est abaissé, d'une position non encore précisée, mais très élevée, au-dessus du niveau actuel, jusques environ 25^m ou 30^m sous ce même niveau (creusement maximum des vallées). C'est à ce moment, où le niveau de la mer était encore supérieur de plusieurs mètres au niveau actuel, que les galets se sont déposés sur la plate-forme de craie.

Les amas de galets de Conchil-le-Temple (et les autres amas des Bas-Champs, qui se trouvent en des conditions d'altitude analogue) se montrent par là contemporains des terrasses d'alluvions fluviatiles pleistocènes formées dans les vallées voisines pendant la période de creusement. Par leur altitude relativement faible, ils doivent être rapprochés de la terrasse de Menchecourt (vallée de la Somme) dans les alluvions de laquelle ont été recueillies jadis des coquilles marines; ou peut-être d'une terrasse moins élevée encore.

---

(1) Séance du 3 novembre 1919.

(2) Carte géologique de la France, légende de la feuille Montreuil.

Cette correspondance avec les formations fluviatiles d'âge pleistocène est confirmée par le caractère des amas de galets.

Leur état d'altération (décalcification et rubéfaction) est comparable à celui des terrasses indiquées. De même le dépôt éluvien qui parfois les surmonte (sable d'origine probablement dunale, remanié) a subi une altération analogue à celle du loess des terrasses.

Les bancs de galets ont éprouvé l'action de l'érosion dans une mesure importante, ils peuvent, sous ce rapport également, être comparés aux alluvions anciennes des vallées. L'érosion a découpé les cordons littoraux, vraisemblablement continus sur de longues distances à l'origine, en amas plus ou moins isolés. Elle en a effacé les formes primitives, l'aspect ramifié et digité si caractéristique des pouliers de galets modernes (tel le poulier du Hourdel).

En outre, l'érosion a rasé, tout comme à la plage soulevée de Sangatte, le relief de la falaise de craie à laquelle les galets s'adossaient : à Conchil-le-Temple et à Villers-sur-Authie, on passe de plain-pied de l'amas de galets sur le massif de craie.

Plus récentes, et datant de la phase positive de remblaiement, sont les autres formations des Bas-Champs. Parmi elles figurent quelques bancs de galets peu importants (Hautebut, Sallenelle, Saint-Firmin, Étaples) dont l'état de fraîcheur contraste avec celui des amas anciens. Leur âge les rapproche du cordon littoral actuel qui s'étend d'Onival au Hourdel. Ces bancs plus récents contiennent des coquilles, presque toujours disparues des bancs anciens par suite de la décalcification.

Dans la plaine maritime flamande, certains amas de galets offrent les mêmes caractères d'ancienneté (altération, érosion) que les grands amas de l'intérieur des Bas-Champs. Ce sont les bancs de Coulogne et des Attaques, près de Calais : ils ont approximativement le même âge. D'après leur emplacement et leur altitude, ils sont en relation évidente avec les formations littorales pleistocènes de la plage soulevée de Sangatte.

Les bancs de galets de Saint-Pierre et de Calais semblent plus récents.

GÉOLOGIE. — *Sur le prolongement, au Nord-Ouest, de la zone de roches écrasées reconnue entre Asprières (Aveyron) et Fromental (Haute-Vienne).* Note de M. G. **Mouret**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai signalé, il y a deux ans [1], l'existence d'une zone, longue de 200^{km}, de roches écrasées ou *mylonites*, dont j'avais commencé l'étude dès 1885, zone qui traverse la partie sud-ouest du Massif Central de la France, entre Asprières et le village de Monjourde, près de Fromental, à 12^{km} au sud de La Souterraine (Creuse).

En ce dernier point, situé un peu au nord de la vallée de la Gartempe, commence le massif de granulite qui traverse du Nord au Sud le département de la Haute-Vienne, et l'on pouvait croire que la granulitisation du terrain y serait complète et effacerait désormais toute trace de la zone des mylonites, si celles-ci sont plus anciennes.

Il n'en est rien. J'ai reconnu, en divers points du massif en question, qui, dans la direction générale de la zone, se termine à l'Ouest, à la vallée de la Brame, l'existence de mylonites sous forme de granites écrasés; elles s'observent, dans la vallée de la Semme, à l'ouest de Fromental et au nord de Morterolle. Elles s'observent aussi aux Combes (à l'ouest de Saint-Amand-Magnazeix), et il existe un petit dépôt de ces roches au village des Champs (au sud de Saint-Sornin). Or ces différents points se trouvent exactement dans l'alignement de la partie déjà reconnue de la zone des mylonites.

Cette zone se prolongerait à l'ouest du massif de granulite déjà cité, et elle formerait la limite sud du massif de granulite qui coupe, de l'Ouest à l'Est, la partie nord du Massif Central, massif qu'elle séparerait de celui des granites de Magnac-Laval et du Dorat (Haute-Vienne) et des gneiss disloqués de la vallée de la Gartempe, au sud-ouest de Lathus (Vienne).

C'est, en effet, exactement à la limite de ces deux formations que je viens d'observer les mylonites dans la carrière de Lavaublois, près du village du Petit-Montheil, au nord de Magnac-Laval et, en dernier lieu, aux environs de la ferme du Douet, à $4^{km},500$ au sud d'Azat-le-Ris (Haute-Vienne), donc bien près de la limite occidentale du Massif Central, mais dans une région située au nord de divers gisements de « poudingues » qui, d'après M. de Launay, existeraient dans les environs du Dorat.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 822.

Il y a lieu de croire que la fracture d'Argentat, sinon les mylonites elles-mêmes, se poursuit le long de la même limite, dans la direction de Lussac-les-Châteaux, jusqu'à la vallée de la Gartempe, au moulin d'Ouzilly, là où les terrains cristallins disparaissent sous le manteau des terrains secondaires du Poitou. Diverses circonstances, toutefois, ne m'ont pas permis, pour le moment, de vérifier cette supposition, et d'étudier aussi la lacune qui existe entre Saint-Sornin et le Montheil.

Cette importante fracture d'Argentat, dont la longueur, d'Asprières à la Gartempe, près de Lathus, est de 245^{km}, circonscrit complètement la partie sud-ouest du Massif Central que j'ai appelée jadis [1] le Plateau de Limoges, et la sépare, à l'Est, de celui d'Ussel et, au Nord, des Plateaux de Guéret et d'Aigurande, ce dernier rappelant, par ses principaux caractères, et notamment par l'existence des amphibolites, les traits du plateau de Limoges.

J'appellerai aussi l'attention sur ce fait que les granites, au voisinage de la fracture d'Argentat, sont souvent gneissiques ou même passent à des sortes de gneiss. C'est là un fait que j'avais constaté déjà dans la Corrèze et la Creuse au voisinage de cette fracture et qui s'observe encore plus nettement dans la région que je viens d'étudier; par exemple à Monjourde même et à Varnace, près du hameau des Combes déjà cité. Il s'observe aussi au sud de Dampierre, où il tend à indiquer le passage de la ligne de fracture, et au sud de Montheil (gneiss de la Loubresse). Les granites gneissiques prennent même, d'après la carte géologique de Rolland (feuille *Poitiers*), un grand développement au sud d'Azat-le-Ris, et passent, plus à l'ouest, aux schistes cristallins disloqués de la vallée de la Gartempe.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Le plateau de Millevaches : ses cycles d'érosion, ses anciens glaciers et ses tourbières.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Le plateau de Millevaches est cette région montagneuse de l'ouest du Massif Central qui s'étend principalement sur les départements de la Creuse, de la Corrèze et de la Haute-Vienne entre Meymac, Egletons, Bugeat (Corrèze), Royère, Felletin, Crocq et La Courtine (Creuse), cons-

---

(1) G. Mouret, *Remarques sur la Géologie des terrains anciens du Plateau Central de la France* (*Bull. de la Soc. géol. de France*, 3e série, t. 27, 1898, p. 601).

tituant comme un grand bastion de près de 2000^{km^2}, dont les plus hauts sommets n'atteignent pas 1000^m (978^m, mont Besson).

Ce plateau n'a qu'un relief de 200^m à 400^m au-dessus du territoire environnant (plateaux d'Ussel et du Limousin); mais ce relief est relativement homogène dans son ensemble, car il peut être considéré comme une sorte de grand dôme aplati, morcelé en une multitude de bosses et de ballons entre lesquels circulent plus de 20 rivières irradiant vers tous les points de l'horizon. Ce sont : la Creuse, le Taurion, la Maulde, la Vézère, la Corrèze, la Luzège, la Diège, le Chavanon, la Tardes, le Cher, etc. Bien que ses parties hautes ne soient pas boisées, ce qui est très regrettable, mais recouvertes seulement d'un épais manteau de bruyères et de quelques champs cultivés, le plateau de Millevaches est un des *nœuds hydrographiques* les plus importants du Massif Central et un *régulateur hydraulique* manifeste, car tous les cours d'eau qui en sont issus ont un *régime* beaucoup plus *régulier* que ceux du reste du Massif, ce qui en fait un des facteurs essentiels de la production de la houille blanche. A sa périphérie, entre Montluçon, Guéret, Limoges et Tulle, les divers projets hydrauliques de ces rivières prévoient en effet l'aménagement d'une énergie de plus de 250000 HP.

Le plateau de Millevaches, dont la géologie a été étudiée autrefois par M. de Launay, peut être envisagé comme formé par *trois grands compartiments*, faisant partie d'une région surélevée, séparés par des failles N-S, d'âge probablement miocène, comme celles de la Limagne :

1° Un compartiment *médian*, ou clef de voûte, étroit, effondré, de direction N-S, formé surtout de schistes cristallins, drainé par des rivières au cours opposé : la Creuse au Nord, la Diège et la Sarsonne au Sud;

2° Un compartiment *oriental*, de granite à mica noir;

3° Un compartiment *occidental* (qui est aussi le plus élevé et le plus bossué), de granite à mica blanc, avec lambeaux de schistes métamorphiques, de Dinantien et des filons de microgranite.

Le *modelé topographique* n'est pas aussi uniforme qu'on pourrait le croire; et, si M. Demangeon a pu observer à sa phériphérie *trois cycles d'érosion*, le relief du haut plateau n'est pas non plus l'œuvre d'un seul cycle, mais au moins de trois cycles, dont les restes sont manifestes, jusqu'au cœur du territoire, notamment dans les vallées de la Vienne et de la Vézère, où ils sont marqués par des surfaces topographiques plus ou moins bien conservées. Dans certains cas, les deux ou les trois surfaces d'érosion sont réduites

à une seule, par élargissement et aplanissement des versants. Les cycles les plus anciens sont vraisemblablement pliocènes, et les plus récents quaternaires. Ces faits sont à rapprocher de ceux que j'ai observés dans les Monts Dore et du Forez.

Un autre facteur physique, jusqu'ici inconnu, a joué d'ailleurs un rôle assez important dans l'évolution du relief de Millevaches : c'est le *facteur glaciaire*. Ce plateau, en effet, bien que de faible altitude (il devait atteindre environ 1100^{m} à la fin du Pliocène), mais à cause de son étendue et de sa proximité de l'Océan, fut couvert de *névés*, et des *glaciers* s'installèrent dans certaines de ses vallées, ainsi que le prouvent les moraines, les blocs erratiques, les cirques et les buttes moutonnées qu'on y observe en plusieurs points.

Dans la vallée de la Vézère, à Saint-Merd-les-Oussines, une *moraine frontale* barre la vallée et, à 2^{km} en aval, une autre *moraine*, avec *cône de déjections fluvio-glaciaire* (marquée a^1 gl^1 sur la feuille *Ussel*) a produit le même effet et a donné naissance à un coude de la rivière; tandis que, plus en aval encore, s'étend en plusieurs points, notamment à la gare de Bugeat, une *terrasse de* 10^{m} *à* 12^{m}, qui paraît bien se relier aux formations glaciaires précitées.

Dans la vallée du Langeron, affluent de la Vézère, une terrasse de 12^{m} existe également entre Razel et Barsanges, et des tourbières sont logées dans des bassins en escalier, d'origine vraisemblablement glaciaire.

Les cirques qui entament, au Sud, les Millevaches au nord-est de Meymac, offrent des méplats et des emboîtements typiques. Celui qui est limité par le mont Besson, les Puys Pendu et Sapinette, présente 4 cycles d'érosion. Sur le fond moutonné de ce grand cirque, qui est un des plus beaux de la région, se sont enfoncées des vallées secondaires en berceau, le divisant en fragments sur lesquels sont bâtis les villages de Machinit, du Grand Val, etc.

Des buttes moutonnées existent à la Feuillade et entre Matrillac et Beynat, et des cirques avec glaciers suspendus sont visibles entre Barsanges et Beynat.

En dehors de ces formations, tout le Plateau de Millevaches est parsemé de *tourbières* et de prairies tourbeuses à peine connues et dont la position est variable. Dans le cas le plus général, elles s'observent dans le fond même des vallées (vallées supérieures de la Vienne, de la Vézère, de la Creuse et de leurs affluents) qui ont une pente moyenne de 0,008 à 0,012.

Il en existe dans d'anciens *méandres* (Bugeat) : d'autres sont *suspendues*

dans des cirques d'érosion ou glaciaires à 10^m-15^m au-dessus des vallées actuelles (près Pérols); quelquefois elles se montrent sur des *pentes assez fortes*. Les environs de Peyrelevade, Tarnac, Millevaches, Bugeat, Rampnat, Gentioux, Féniers, etc., abondent en tourbières qui pourraient donner lieu à une exploitation importante.

En résumé, le plateau de Millevaches a surtout acquis son modelé actuel (en dehors des mouvements tectoniques) par l'effet de l'érosion *pluviale* (ruissellement) et *torrentielle* (3 cycles), des *glaciers*, et enfin par l'établissement de multiples *tourbières* sur une grande partie de son territoire.

PÉTROGRAPHIE. — *Des Conglomérats de la vallée de la Bruche et du caractère des Brèches d'origine sédimentaire*. Note de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. H. Douvillé.

Il se pose en Géologie et en Pétrographie *un problème des brèches*, parce que l'allure de ces formations, si différentes de toutes celles que les phénomènes actuels offrent à nos yeux, nous étonne et nous impressionne fortement. C'est à l'étude minutieuse des complexes bréchiques qu'il faut demander la raison de leur manière d'être. Il m'a été donné d'en pouvoir observer quelques-uns et j'en voudrais ici dégager des caractères qui éclairent singulièrement, me semble-t-il, la question de leur origine.

Aucun éclaircissement ne nous peut généralement venir de l'étude des brèches dont tous les matériaux seraient arrachés à une formation plus ancienne que la série sédimentaire qui les comprend, tandis que l'étude des brèches formées de matériaux contemporains de l'époque de leur mise en place nous apporte immédiatement des données précises sur leur origine.

La principale remarque qu'on peut faire au sujet de ces dernières, et qui s'impose à l'esprit comme une sorte de loi, c'est que *les matériaux qui donnent au sédiment sa nature de brèche ont un caractère plus marin que le complexe qui forme le ciment de ces matériaux*. Ce que nous exprimerons autrement en disant que, deux formations sédimentaires étant contemporaines, l'une marine, l'autre littorale, c'est la formation marine qui, consolidée à l'état de roche, peut être remaniée dans la formation littorale, tandis que l'inverse n'a jamais lieu.

J'ai déjà eu l'occasion de développer cette idée à propos des brèches des terrains crétacés des Hautes-Pyrénées et des Basses-Pyrénées. En parcourant récemment les Vosges d'Alsace, je me suis trouvé à même d'observer

les conglomérats dévoniens de la vallée de la Bruche, et, de leur étude, il m'a semblé que la loi que je viens d'énoncer se dégageait aussi nettement et qu'elle acquerrait de ce fait la généralité nécessaire.

Ces Conglomérats (on pourrait aussi bien dire Brèches) sont de deux sortes extrêmes entre lesquelles on trouve d'ailleurs des termes de passage : l'une formée de matériaux arrachés en majeure partie à des formations récifales (calcaires à Stromatopores et à Crinoïdes), l'autre, et c'est la plus instructive, dont les matériaux sont ces phtanites à Radiolaires dont j'ai parlé dans une précédente Note ([1]). Les conglomérats de cette sorte sont remarquables par leur simplicité d'allure. Ils apparaissent en bancs ou en lentilles puissantes au milieu des phtanites mêmes et des grès grossiers. Ils sont faits de gros morceaux des bancs des phtanites, à contours souvent à peine émoussés, pris dans une pâte d'arkose ou de grès grossier. On trouve d'ailleurs toute la série des intermédiaires entre ces grès grossiers et les phtanites. Quelques Radiolaires apparaissent même de temps en temps dans les premiers, et l'on peut encore observer le passage des conglomérats à de petites brèches, dans lesquelles de menus morceaux de phtanites surpassent à peine la dimension des grains qui forment les éléments des grès grossiers.

Les conglomérats de la vallée de la Bruche sont donc bien formés d'une roche consolidée au large (phtanite à Radiolaires) remaniée dans la matière d'un sédiment littoral ou formé non loin du littoral (grès grossier).

Quelle que soit l'idée qu'on puisse se faire de la cause du phénomène qui a produit les brèches sédimentaires, il faut admettre qu'elles doivent leur origine à un mouvement de la mer agissant, soit positivement en entraînant vers le rivage les sédiments déjà consolidés du large et les mélangeant à la matière des dépôts littoraux, soit négativement en entraînant ces derniers vers le large et fragmentant du même coup les sédiments marins.

MÉTÉOROLOGIE. — *La cinématographie des mouvements atmosphériques et la prévision du temps.* Note de M. P. GARRIGOU-LAGRANGE.

La cinématographie des mouvements atmosphériques a pris, en ces derniers temps, une importance très grande au point de vue de leur pré-

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 802.

vision. Grâce à l'appui de l'Académie des Sciences et à la subvention qn'elle a bien voulu nous accorder sur le fonds Bonaparte, nous avons pu faire construire un appareil spécial qui nous a permis de faire défiler les films qui montrent les transformations. Poursuivie systématiquement pendant de longs mois à la surface de l'Europe, de l'Asie, de l'Amérique et de l'hémisphère boréal entier, l'étude des mouvements barométriques a constamment mis en lumière la même tendance à une sorte de respiration de l'atmosphère, qui tantôt, comme nous l'avons dit et dans les conditions que nous avons définies, circule plus ou moins au nord de l'hémisphère.

La marine, l'agriculture, les services publics ou privés de navigation aérienne sont directement intéressés dans ces problèmes et en trouvent la solution dans les suites de cartes que les situations permettent de tracer et dont notre appareil fournit la consultation aussi rapidement et autant de fois qu'il est désirable.

Ce ne sont pas seulement les variations barométriques qu'il est ainsi possible de déterminer à l'avance, mais encore leur répercussion sur les autres éléments météorologiques. Nous en trouverons un exemple dans la vague de froid qui a marqué les derniers jours d'octobre dernier et les premiers jours de novembre.

Le thermomètre est descendu brusquement, surtout dans l'Est de la France, à 3° ou 4° au-dessous de zéro, en même temps que des chutes de neige étaient signalées un peu partout.

Cet abaissement subit de la température a généralement surpris. Il était cependant aisé de le prévoir et la cinématographie des mouvements atmosphériques l'indiquait nettement; la situation générale permettait, d'ailleurs, d'en préciser le caractère et l'importance.

Il était également facile de prévoir le mouvement inverse qui devait suivre aussi soudainement et la vague de chaleur que nous avons éprouvée après un refroidissement momentané.

En résumé, la cinématographie des mouvements atmosphériques, jointe à la connaissance des conditions de la circulation générale, nous mettait en mesure de définir à l'avance les traits principaux des périodes de refroidissement et de réchauffement par lesquelles nous venons de passer, d'en déterminer l'importance et la durée et d'en préciser le caractère essentiellement transitoire.

L'aviation, l'agriculture, la marine, l'hygiène publique auraient eu intérêt à connaître le sens et l'intensité de ces mouvements barométriques et leur répercussion sur les autres phénomènes.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les rapports du vent avec le gradient dans les couches basses de l'atmosphère.* Note de M. C.-E. **Brazier**, présentée par M. E. Bouty.

Les recherches expérimentales faites jusqu'à ce jour en vue de déterminer la loi reliant la vitesse du vent au gradient dans les couches d'air voisines du sol, ont montré qu'à la hauteur à laquelle sont généralement placés les anémomètres, le rapport $\frac{\text{vitesse du vent}}{\text{gradient}}$ ou, pour être plus précis, le rapport $\frac{\text{vitesse mesurée}}{\text{vitesse théorique}}$ décroît à mesure que le gradient augmente. De plus, on a trouvé que, pour une valeur et une direction données du gradient, ce rapport varie avec la saison et ce résultat a été attribué aux différences dans le régime des mouvements verticaux de l'air qui se manifestent à une heure donnée de la journée aux différentes époques de l'année. Ces différences étant en relation avec les variations de la distribution verticale des températures, il est intéressant de connaître dans quelle mesure cette dernière peut affecter la vitesse du vent correspondant à un gradient donné dans les couches basses de l'atmosphère.

Je me suis servi, dans ce but, des observations faites au Bureau Central météorologique et à la Tour Eiffel utilisées précédemment (¹) pour étudier l'action du décroissement de la température dans la couche de 300^m sur l'angle du vent avec le gradient.

Les résultats obtenus sont consignés dans le Tableau ci-dessous :

	Décroissement de la température entre le niveau des toits et le sommet de la Tour Eiffel.	Vitesse théorique du vent.	Vitesse du vent. B. C. M.	Vitesse du vent. Tour Eiffel.	Rapport de la vitesse observée à la vitesse théorique. B. C. M.	Rapport de la vitesse observée à la vitesse théorique. Tour Eiffel.	Nombre d'observations.
	°	m	m	m			
Gradients compris entre 0,2 et 0,9.	2,50	5,88	1,39	4,90	0,24	0,83	46
	0,58	5,89	1,11	6,14	0,19	1,04	36
	—2,75	5,50	0,59	4,39	0,11	0,80	32
Gradients compris entre 1,0 et 1,7.	2,37	11,15	2,19	7,71	0,20	0,69	105
	0,71	11,68	1,31	10,14	0,11	0,87	59
	—2,96	11,36	0,81	7,24	0,07	0,64	46

(¹) *Sur les relations du vent avec le gradient dans les couches basses de l'atmosphère* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 730).

Gradients	2,34	18,22	3,25	14,24	0,18	0,78	69
compris entre	0,66	17,15	1,92	12,62	0,11	0,74	34
1,8 et 2,5.	—3,27	17,35	1,07	12,21	0,06	0,70	22
Gradients	2,10	27,76	4,09	16,69	0,15	0,60	36
compris entre	0,81	26,53	2,51	16,71	0,09	0,63	11
2,6 et 4,5.	—2,78	24,23	1,39	12,54	0,06	0,52	8

On voit immédiatement que, pour certaines valeurs du gradient, le rapport de la vitesse mesurée au niveau des toits à la vitesse théorique peut passer du simple au triple par suite des changements dans le décroissement de la température suivant la verticale. Comme, d'autre part, ce rapport varie presque du simple au double lorsqu'on passe des gradients forts aux gradients faibles, la distribution des températures en hauteur restant invariable, la connaissance du rapport moyen entre la vitesse du vent et le gradient, dans une station donnée, paraît ne pouvoir conduire qu'à des résultats inconsistants.

L'étude des nombres reproduits ci-dessus montre en outre :

1° Que même à 300^{m} au-dessus du sol, la vitesse du vent n'est pas directement proportionnelle au gradient;

2° Que la loi suivant laquelle la vitesse du vent varie, à distribution verticale des températures constantes, en fonction de la vitesse théorique, peut être représentée à la terrasse du Bureau Central par une formule logarithmique telle que

$$\log V = \log a + b \log V_G,$$

dans laquelle V représente la vitesse mesurée, V_G la vitesse théorique, a et b étant des nombres inférieurs à l'unité, mais tendant à s'en rapprocher à mesure que le décroissement de la température devient plus accentué.

Si la vitesse du vent correspondant au gradient était toujours atteinte à la même hauteur, il est clair que, pour ce niveau, a et b seraient égaux à l'unité. Il paraît donc tout à fait vraisemblable que dans une couche d'air, dont la hauteur correspond à l'altitude la plus basse à laquelle la vitesse théorique peut être réalisée, la loi empirique reliant la vitesse du vent à la vitesse théorique doit conserver la même forme que près du sol, a et b tendant vers l'unité à mesure qu'augmente la distance à la surface et que la distribution des températures se rapproche de la distribution adiabatique.

Mais si l'on considère des mesures faites dans une station située à une hauteur suffisante pour que l'anémomètre se trouve, tantôt au-dessus, tantôt au-dessous du niveau auquel la vitesse correspondant au gradient est

réalisée, on ne trouvera pas des résultats aussi simples. C'est ce qui paraît être le cas au sommet de la Tour Eiffel.

Une discussion plus détaillée, portant sur un plus grand nombre d'observations, est actuellement en voie d'achèvement. J'espère qu'elle me permettra de résoudre expérimentalement un certain nombre de questions restées en suspens, en particulier l'influence du sens de la courbure des isobares sur le rapport du vent mesuré au vent théorique dans les couches d'air voisines du sol.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Caractères et composition du Primevérose.* Note de MM. **A. Goris** et **Ch. Vischniac**, présentée par M. Guignard.

Dans un travail antérieur (1) nous avons donné le procédé d'extraction, la composition et la constitution de deux glucosides retirés du *Primula officinalis Jacq*.

La *Primevérine* se dédouble sous l'influence d'un ferment particulier, la *primevérase*, en un éther méthylique de l'acide β-méthoxyrésorcylique et en un biose nouveau.

La *Primulavérine* donne, dans les mêmes conditions, un éther méthylique de l'acide *m*-méthoxysalicylique et le même biose, que nous avons désigné sous le nom de *primevérose*.

Nous avions indiqué, à ce moment, quelques propriétés de ce sucre, nous proposant toutefois d'en faire, par la suite, une étude plus approfondie. Nous complétons aujourd'hui les caractères de ce biose, et donnons en même temps la nature de ses composants.

Caractères. — Le primevérose cristallise anhydre. Il est soluble dans l'eau, l'alcool à 80°, l'alcool méthylique. Son point de fusion instantané au bloc Maquenne est 209°-210°. Par un chauffage lent, il commence à fondre vers 192° en brunissant.

Ce sucre possède la multirotation. Pouvoir rotatoire initial : $\alpha_D = +22°70$; pouvoir rotatoire fixe : $\alpha_D = -3°43$. La variation de rotation, extrêmement rapide au commencement, se ralentit ensuite, et la rotation devient constante au bout de sept heures environ.

Le primevérose réduit la liqueur de Fehling, instantanément à chaud, lentement à froid.

Traité à chaud par le chlorhydrate de phénylhydrazine et l'acétate de soude, le

(1) A. Goris, M. Mascré et Ch. Vischniac, *Étude des essences de Primevère* (*Bull. Sciences pharmacologiques*, t. 19, 1912, p. 577-598, 648-670).

primevérose donne une osazone. Cette osazone se présente sous forme de belles aiguilles d'un jaune clair, très peu solubles dans l'eau froide, plus solubles dans l'eau chaude, solubles dans l'alcool à 90° et à 60°, dans l'alcool méthylique (différence d'avec la phénylglucosazone), dans l'acétone, insolubles dans l'éther (différence d'avec la phénylxylosazone) et le chloroforme. Elle fond instantanément à 224°-225°; après contact prolongé sur le bloc, elle commence à fondre vers 204°-207°.

Les acides dilués hydrolysent à chaud le primevérose; l'invertine et l'émulsine sont sans action sur lui. Il ne fermente pas en présence de la levure de bière.

Composition. — Le primevérose est un biose. Son poids moléculaire a été trouvé par la cryoscopie voisin de 300 : $M = 18,5 \frac{5,415}{0,34} = 294$ (0,34, abaissement du point de congélation pour une solution aqueuse de 5,415 pour 100). Poids moléculaire calculé pour $C^{11}H^{20}O^{10} = 312$.

Ce sucre donne la réaction des pentoses. Traité à l'ébullition par un acide minéral, il fournit du furfurol qui colore le papier à l'acétate d'aniline; chauffé avec l'acide chlorhydrique et l'orcine, il donne une coloration bleu violacé. La quantité de furfurol, produit puis dosé par le procédé de Kröber correspond à une molécule de pentose pour une molécule de biose.

L'hydrolyse par l'acide sulfurique à 2 pour 100 est assez lente et ne devient complète qu'après 5 heures de chauffage sur un bain-marie bouillant. La solution hydrolysée traitée par l'acétate de phénylhydrazine donne un mélange de phénylglucosazone et de phénylxylosazone que l'on peut séparer de la façon suivante. La solution bouillante est filtrée à la trompe. La phénylxylosazone légèrement soluble à chaud cristallise par refroidissement; on la lave à l'eau, puis avec une petite quantité d'alcool et d'éther. On obtient une osazone pure. Point de fusion instantané sur le bloc Maquenne 164°-165°. Le précipité qui s'est formé à chaud est constitué par la phénylglucosazone. Pour isoler la première à l'état pur, on laisse digérer le mélange avec l'alcool méthylique et avec l'éther jusqu'à ce que les solvants n'enlèvent presque plus rien au mélange. La phénylglucosazone reste insoluble. On l'essore, on la lave à l'alcool méthylique et à l'éther. Point de fusion 230°.

Le primevérose ne fermente pas par la levure de bière; après hydrolyse, la solution devient partiellement fermentescible. On arrive ainsi à détruire le glucose dans le mélange et à obtenir le xylose pur et cristallisé. Voici comment on opère :

La solution hydrolysée est neutralisée par la CO^3Ca. On la filtre et on l'additionne de levure de bière. Au bout de 4 à 5 jours, la fermentation est terminée. On filtre, on défèque la solution avec quelques gouttes d'acétate neutre de plomb, on filtre de nouveau et l'on élimine l'excès de Pb par l'hydrogène sulfuré. La solution filtrée est évaporée à siccité. On reprend par l'alcool à 50° pour éliminer les traces de sulfate de chaux, on filtre, on concentre jusqu'à consistance de sirop et l'on amorce avec un cristal de xylose. Au bout de 2 ou 3 jours, toute la masse cristallise. On sèche les cristaux sur une plaque poreuse et on les fait recristalliser ensuite dans l'alcool. On obtient ainsi un produit blanc fondant à 144°. On identifie le sucre par son osazone, son pouvoir rotatoire et le xylonobromure de cadmium qui est caractéristique.

Le primevérose est le premier biose connu constitué par du glucose et du

xylose. C'est également un des rares bioses définis qu'on ait réussi à préparer par hydrolyse diastasique d'un glucoside.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la miellée du Peuplier.*
Note de M. **Georges Tanret**, présentée par M. L. Maquenne.

On sait que l'on désigne sous le nom de *miellée* l'enduit sucré, souvent réduit à de simples taches, qui, dans les étés chauds, recouvre la face supérieure des feuilles de certaines de nos espèces indigènes, le nom de *manne* étant plus spécialement réservé aux productions concrètes du même genre qui prennent naissance sur les arbres des climats moins tempérés ou des pays plus lointains. Bien que les miellées puissent être observées sur un assez grand nombre d'espèces végétales, on n'a que peu de détails sur leur composition chimique, leur étude étant rendue particulièrement délicate par le caractère limité et fugace de leur apparition, la faiblesse de leur rendement et la difficulté de leur récolte. Les sucres qui en ont été nettement isolés jusqu'à ce jour sont, outre le glucose qui existe dans presque toutes, la mannite dans la miellée du Platane [Jandrier], la dulcite dans celle du Fusain du Japon [Maquenne] et le mélézitose qui, découvert par Berthelot dans la miellée du Mélèze, a été retrouvé dans celles du Tilleul [Maquenne] et du Cytise [Bourquelot et Hérissey]. C'est de ces dernières qu'il faut rapprocher celle que j'ai pu recueillir sur le Peuplier noir (*Populus nigra*).

Les liquides aqueux provenant du lavage méthodique des feuilles sont d'abord concentrés jusqu'à contenir moitié de leur poids de matière sèche, puis additionnés de 3 volumes d'alcool à 95° qui précipite, outre les sels, une gomme à pouvoir rotatoire dextrogyre élevé.

Les liqueurs alcooliques sont distillées et le distillat est déféqué par un peu de sous-acétate de plomb. Après élimination de l'excès de plomb par SO^4H^2 et de l'acide acétique par agitation à l'éther, on reprend par l'alcool fort. Celui-ci ne tarde pas à laisser déposer un sucre qui, après une nouvelle cristallisation dans l'alcool à 80°, a été identifié au mélézitose préparé à partir de la manne de Taschkent. L'alcool, ramené en sirop, abandonne encore un peu de mélézitose qu'on sépare par lavage à l'alcool méthylique.

Les eaux mères de la préparation contiennent 50 pour 100 de matières réductrices et fermentescibles. Les sucres réducteurs ont été extraits à la phénylhydrazine : les hydrazones, décomposées par l'aldéhyde benzoïque,

ont donné un mélange de lévulose, qu'on a pu faire cristalliser à partir du lévulosate de chaux, et de glucose caractérisé par son osazone.

L'identification du mélézitose lui-même a résulté des faits suivants. Le pouvoir rotatoire du sucre séché à l'air était de $\alpha_D + 83°,8$. La détermination de son eau de cristallisation a montré qu'il s'agissait d'un triose à $2H^2O$. Le point de fusion du corps déshydraté était, au bloc Maquenne, de 155°. L'hydrolyse sulfurique, menée parallèlement avec celle du mélézitose extrait de la manne de Taschkent, a fourni un même mélange de glucose et de lévulose, soit 2 molécules du premier pour 1 molécule du second; d'autre part, l'hydrolyse acétique (par de l'acide à 20 pour 100) a donné un mélange de glucose et de turanose, ce dernier biose étant ultérieurement dédoublé par SO^4H^2, ainsi que je l'ai montré précédemment, en glucose et lévulose [1]. La caractérisation du mélézitose était donc complète.

Six kilos de feuilles à miellée (mi-juin, début de juillet) ont donné ainsi un sirop contenant 55^g de matière sèche, d'où il a été retiré 22^g de mélézitose à l'état cristallisé.

Quant au mécanisme du phénomène, il paraît dû moins à une exsudation propre des feuilles qu'à l'excrétion des pucerons qui vivent fixés aux nervures de leur face inférieure et qui projettent autour d'eux, par leur extrémité anale, les fines gouttelettes sucrées dont l'ensemble constitue la miellée.

PHYSIOLOGIE. — *Mécanisme de la toux dans les maladies respiratoires.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Laveran.

Dans toutes les maladies de l'appareil respiratoire, il se produit, plus ou moins fréquemment, des accès, des *quintes de toux*.

Quel est le mécanisme de cette toux? L'enregistrement graphique de la pression de l'air pulmonaire, ou le tonogramme, va nous l'apprendre.

Tout d'abord, la toux est un trouble de l'acte respiratoire caractérisé par un rapide accroissement de pression, et par des ondulations, simples ou multiples, du plateau qui figure l'*expiration*. Elle détermine en un temps très court, $\frac{6}{100}$ à $\frac{7}{100}$ de seconde, une pression 3 à 10 fois supérieure à celle

---

(1) G. Tanret, *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 1423. Cette constitution du mélézitose a, depuis, été confirmée par MM. D. Berthelot et Gaudechon, au cours des recherches qu'ils ont poursuivies sur la décomposition des sucres par les rayons ultraviolets (*Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1506).

de la respiration normale. La force d'impulsion de l'air expiré augmente avec la résistance à vaincre, et occasionne une fatigue souvent pénible.

Avant de se manifester, la toux est précédée d'une inspiration assez profonde : c'est la *période préparatoire*. Puis survient une ascension brusque que j'appellerai « l'onde tussique »; elle dure $\frac{6}{100}$ de seconde; un plateau expiratoire lui succède présentant un ou deux mamelons, et rappelant le *pouls polycrote*. La période préparatoire est de $\frac{16}{100}$ de seconde, le plateau dicrote de $\frac{18}{100}$. En tout, la secousse « tussique » aura duré $\frac{40}{100}$ de seconde.

Le graphique de la toux ne change pas, que l'on respire à nez ouvert ou pincé; dans le premier cas, cependant, l'amplitude est plus marquée, à cause de la plus grande liberté laissée aux oscillations de la colonne d'air. Il est donc certain qu'en tenant la bouche bien close, et le nez, au besoin, pincé entre les doigts, *on atténue la violence des quintes*.

Les accès se traduisent par autant de courbes qu'il y a eu d'efforts expiratoires. Entre ces derniers s'intercalent de brèves inspirations, mais dans l'ensemble la durée des expirations augmente considérablement par la toux. La *ventilation*, comparée à l'état de repos, s'accroît de 70 à 80 pour 100; elle passe de 10 litres à 18 litres lorsqu'on tousse 80 fois par minute, fréquence observée chez les tuberculeux. Cet excès d'air est la cause réelle de l'*éclairement* des sommets dans les radiographies du thorax.

En moyenne, la toux élève la ventilation de 1 pour 100 à chaque secousse. A la longue, le mouvement de l'air pulmonaire se précipite au point de créer de la dyspnée avec menace d'asphyxie.

Ces renseignements éclairent le mécanisme de la toux. Il s'agit *d'ondes aériennes successives*, comme il s'agit d'ondes sanguines dans la circulation. Et tandis que l'onde de respiration normale est continue, ici elle est intermittente, et résulte de la vive impulsion de l'air sous l'effort de contraction des muscles expirateurs. Ceux-ci sont nettement *actifs*; recevant l'irritation par une voie quelconque, ils se contractent violemment sur la masse d'air que renferment les poumons. Il semble que, de même que pour la pulsation cardiaque, la toux procède d'un *tétanos physiologique*, se changeant parfois en un véritable spasme.

Qu'une cause pathologique vienne entretenir l'irritation (froid, inflammation, excitation d'un nerf, mucosités), et l'on assiste à des quintes de toux très fatigantes pour le malade.

La contraction soudaine des muscles fait vibrer toute la masse fluide, la projette contre les cordes vocales plus tendues, et produit *un son* caractéristique.

La *hauteur* de ce son dépend des dimensions du thorax, du contenu des tuyaux bronchiques, du mélange d'air et de sérosités qui s'y trouvent. C'est ce mélange très variable qui vibre tout entier, avec une intensité proportionnée à l'intensité de l'effort musculaire. Dans les maladies respiratoires le son de la toux a une hauteur qui change du fait, précisément, que les mucosités et autres excrétions liquides sont plus ou moins abondantes; et l'intensité va s'affaiblissant avec la prostration des forces du patient.

Ajoutons que la glotte modifie son degré d'ouverture. Suivant les progrès de la maladie, le diamètre glottique descend de 14^{mm} à 10^{mm}, à 8^{mm} et même à 7^{mm}. D'autre part, l'inflammation des parois trachéales et bronchiques peut diminuer légèrement le calibre des tuyaux. On comprend donc pourquoi la toux affecte un *timbre* spécial dans chaque état pathologique, et même dans les conditions normales. Il est possible de reproduire artificiellement toutes ces variations : toux *sèche*, *sifflante*, *rauque*, *coqueluchoïde*, *caverneuse*, etc. L'intérêt de ces observations est que la hauteur et l'intensité s'atténuent dans les états inflammatoires graves, ou cachectiques, à la période de *fonte tuberculeuse* par exemple.

« Du mécanisme nerveux qui donne à la toux une physionomie particulière, écrit Morat [1], nous ne savons rien. » Toutefois, ce physiologiste admet qu'elle est un *réflexe défensif* provoqué par l'excitation des nerfs laryngés.

Cette origine est probable, mais on peut indiquer comme autres sièges d'excitations le conduit auditif, le voile du palais, les fosses nasales et les filaments pneumogastriques au sein des bronchioles. Nous trouvons aussi que ceux-ci sont influencés par l'*attitude* du corps. Ainsi, lorsqu'on se penche sur un côté, la pesanteur y entraîne les sérosités des poumons, et cette pression suffit pour amener l'irritation.

La toux est pathologiquement un acte *involontaire*, et certainement défensif. Elle est cause de l'expectoration, et c'est par les crachats que les bacilles, dont les alvéoles pulmonaires sont encombrées, se trouvent expulsés, que les sérosités sont évacuées supprimant le danger de l'asphyxie.

Il faut donc *apprendre aux malades à tousser*, ce qui diminuera aussi la fatigue, la douleur et la fièvre.

L'examen des graphiques de toux, au début et au cours d'une affection respiratoire, constitue un élément clinique de réelle valeur.

---

[1] MORAT et DOYON, *Traité de Physiologie*, t. 4, 1900, p. 119, et t. 2, 1902, p. 381.

CYTOLOGIE. — *Formation de fibres conjonctives en milieu clos non vivant, aux dépens de protoplasma mort.* Note de M. J. **Nageotte**, présentée par M. Yves Delage.

Ayant observé, dans les plaies expérimentales, la transformation de la fibrine en substance fondamentale, puis en fibres collagènes par une action purement extérieure des cellules conjonctives, j'ai tenté de provoquer le même phénomène dans des espaces clos, séparés des tissus par une membrane permettant la filtration, mais excluant tout contact direct avec les éléments vivants. Dans cette intention j'ai introduit dans les tissus des sacs de collodion contenant du plasma; mais le résultat fut négatif, même au bout d'un temps fort long. La cause de cet échec doit être cherchée soit dans l'imperméabilité de la membrane aux substances capables d'effectuer la transformation, soit dans le défaut de réaction des tissus au voisinage du sac de collodion, ce qui fait que les substances actives ne sont pas sécrétées en quantité suffisante.

Dans les greffes de cartilage mort une expérience semblable se trouve fortuitement réalisée, et elle donne des résultats positifs. Le fait est d'autant plus intéressant que, dans cette nouvelle expérience, la substance albuminoïde transformée en un feutrage de fibres collagènes n'est pas de la fibrine, mais bien la substance protoplasmique des cellules mortes, enfermées dans les capsules closes du cartilage.

D'une part, cette expérience confirme la théorie que j'avais avancée au sujet du mode de formation des substances intercellulaires [1]; et d'autre part elle met en évidence une étroite parenté entre les substances albuminoïdes du protoplasma et celles de la trame conjonctive des tissus. Dans un travail antérieur j'ai signalé cette parenté et j'ai montré que « dans un ordre de grandeur différent, la cellule est construite sur le même type que l'organisme tout entier ». La substance intergranulaire ou substance filaire du protoplasma, considérée dans la cellule, est par sa structure l'analogue de la substance intercellulaire ou substance conjonctive, considérée dans l'organisme entier [2].

---

(1) J. Nageotte, *Les substances conjonctives sont des coagulums albuminoïdes du milieu intérieur* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 79, 1916, p. 833); *Essai sur la nature et la genèse des substances conjonctives* (*Ibid.*, p. 1121).

(2) J. Nageotte, *La matière organisée et la vie* (*Scientia*, t. 24, décembre 1918).

Le fait expérimental que je me propose de décrire se présente dans des conditions particulièrement démonstratives. Le cartilage auriculaire du lapin est formé, dans ses couches centrales, de cellules très grandes séparées les unes des autres par des cloisons relativement minces de substance fondamentale. Ces cellules sont creusées d'une grande vacuole adipeuse, accompagnée souvent de vacuoles plus petites (*fig.* 2). Dans les couches superficielles du cartilage, les cellules sont plus petites, aplaties et dépourvues de vacuoles (*fig.* 1).

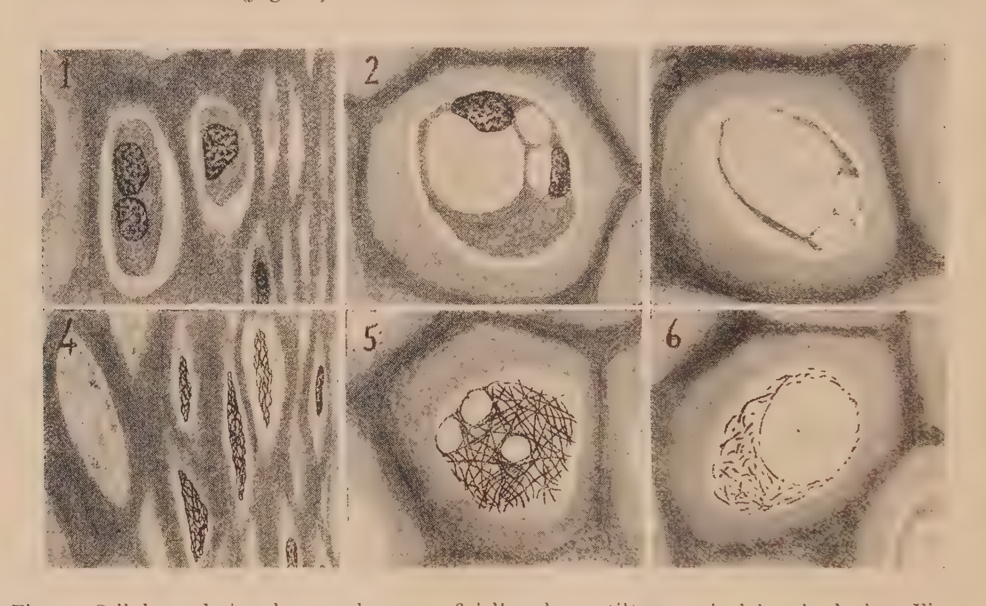


Fig. 1. Cellules aplaties des couches superficielles du cartilage auriculaire du lapin. Fig. 2. Cellule vacuolisée des régions profondes. Fig. 3. Cadavre d'une cellule semblable dans une greffe de cartilage mort datant de 2 mois. Fig. 4. Peloton de fibres collagènes dans les capsules des couches superficielles d'une greffe morte; à droite deux fibroblastes de l'hôte sont venus réhabiter le périchondre. Fig. 5. Corbeille de fibres conjonctives dans une capsule des régions profondes du cartilage, au voisinage d'un point d'ossification; mise au point tangentielle. Fig. 6. Une corbeille semblable avec mise au point équatoriale.

Dans les greffes mortes, les corps cellulaires, qui persistent indéfiniment à l'intérieur des capsules closes, se dessèchent mais conservent dans ses traits essentiels la morphologie des cellules vivantes (*fig.* 3).

Lorsque le protoplasma mort se transforme en fibrilles collagènes, la disposition du feutrage qu'elles constituent se modèle sur celle des parties qu'il remplace. S'il s'agit d'une cellule vacuolisée, une mise au point tangentielle montre une toile délicate formée par l'entrecroisement en divers sens de fibrilles nombreuses, extrêmement fines, qui se colorent intensément

par la fuchsine acide dans le mélange de v. Gieson et par le noir naphtol dans le mélange de de Curtis. Les limites des petites vacuoles du protoplasma restent visibles, car les fibrilles les contournent sans les traverser (*fig.* 5). Une mise au point équatoriale donne au feutrage fibrillaire une silhouette semblable à celle des cadavres de cellules cartilagineuses vacuolisées (*fig.* 6). Dans les capsules des couches superficielles, qui contenaient des cellules non vacuolisées, le feutrage est dense, crépu et forme une masse pleine (*fig.* 4).

A côté de capsules où la transformation est totale, on en voit d'autres où il existe encore des débris protoplasmiques mélangés aux fibrilles conjonctives.

La répartition des cellules transformées en fibrilles collagènes est très intéressante. D'une façon générale ces formations sont peu nombreuses. Les feutrages qui proviennent des cellules cartilagineuses des couches superficielles se retrouvent dans toutes les expériences, mais on les observe exclusivement dans les rangées les plus rapprochées de la grosse masse fibreuse constituée par le périchondre reviviscent. Les corbeilles provenant des cellules vacuolisées des couches centrales, au contraire, n'existent que dans les greffes où se sont développés les noyaux osseux que j'ai fait connaître dans ma dernière Note, et on les trouve seulement dans la couche des capsules closes en contact immédiat avec la masse osseuse.

La transformation du protoplasma mort en fibres collagènes ne se produit donc que dans une zone de diffusion très étroite, au voisinage d'une masse importante de substance collagène; cette masse collagène peut d'ailleurs être de nouvelle formation (noyaux d'ossification), ou bien avoir été apportée par le greffon et restaurée dans ses fonctions physiologiques en même temps que réhabitée par des cellules nouvelles (périchondre).

Naturellement cette expérience ne montre rien du rôle que peuvent jouer les différents constituants du protoplasma dans la transformation qui s'opère, et en particulier elle ne permet pas de savoir si les lipoïdes et la graisse interviennent dans la réaction. Mais tout se passe comme si le phénomène était provoqué par l'action d'une substance très peu diffusible, émanée de sources sclérogènes importantes. La substance cartilagineuse, si perméable aux sels, ne se laisse traverser par ce ferment qu'avec une difficulté manifeste.

PARASITOLOGIE. — *Destruction du Charançon par la chloropicrine.* Note [1] de MM. G. **Bertrand**, **Brocq-Rousseu** et **Dassonville**, présentée par M. Roux.

Parmi les Coléoptères de la famille des Curculionides, le Charançon des céréales et le Charançon du riz comptent parmi les insectes déprédateurs les plus funestes à l'agriculture. Ces petits animaux s'en prennent aux grains de blé, de maïs, de riz, etc., dont il font disparaître presque toute la partie farineuse. Leur puissance de reproduction et leur voracité son telles que tout lot de grain auquel ils s'attaquent peut être considéré comme perdu à brève échéance.

La destruction du Charançon présente donc un grand intérêt au triple point de vue agricole, commercial et économique.

Bien des remèdes ont déjà été proposés : le pelletage souvent renouvelé, le chauffage vers 50°, l'écrasement des grains attaqués à l'aide d'une machine spéciale, l'empoisonnement par le sulfure de carbone, l'ensilage ordinaire ou accompagné de l'action de l'acide carbonique, etc. Tous ces remèdes, dont la critique a déjà été faite à plusieurs reprises, ont des inconvénients parmi lesquels, suivant les cas, l'incomplète efficacité, le prix de revient, le danger d'incendie, etc. Aussi, encouragés par les résultats obtenus dans d'autres recherches, avons-nous étudié l'emploi de la chloropicrine.

Nos recherches ont porté sur le Charançon du riz (*Calandra oryzæ* L.) que l'Intendance militaire nous a procurés en grande quantité avec le maïs dans lequel il se trouve.

Nous avons d'abord examiné l'action de la vapeur toxique sur le Charançon sorti du grain, en opérant exactement de la même manière que dans nos recherches sur la Punaise des lits [2]. 560 individus ont été utilisés. Le Tableau suivant donne les résultats obtenus dans 4 séries comportant chacune 14 expériences. Le volume du flacon était de 8^l; la température comprise entre 20° et 27°.

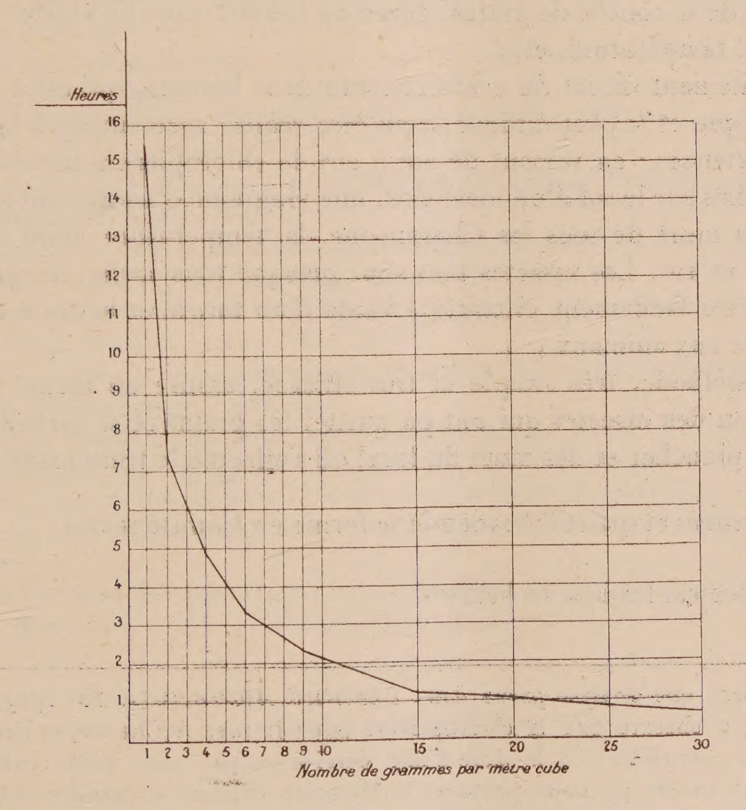
---

[1] Séance du 3 novembre 1919.

[2] *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 441.

Temps pour obtenir la mort des Insectes par la chloropicrine.

	Nombre de grammes par mètre cube.						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
Série 1.......	15.45	8. 0	6.30	5.15	4.30	3.40	3.15
» 2.......	15.45	7.30	6.30	5. 0	4.30	3.30	3.15
» 3.......	15. 0	7.20	6.10	5. 0	4.10	3.20	3.10
» 4.......	15. 0	7. 0	5.45	4.30	3.45	3.10	2.40
Temps moyens	15.25	7.30	6.14	4.56	4.13	3.25	3. 5
	8.	9.	10.	15.	20.	25.	30.
	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
Série 1.......	3.10	2.35	2.35	1.25	1.15	1. 0	0.45
» 2.......	2.45	2.25	2.10	1.20	1.10	0.55	0.45
» 3.......	2.45	2.20	2.10	1.20	1.10	0.55	0.40
» 4.......	2.30	2.15	2. 0	1.10	1. 0	0.45	0.40
Temps moyens	2.48	2.24	2.14	1.19	1. 9	0.54	0.53



Nous pouvons, à l'aide de ces temps moyens, construire la courbe ci-dessus.

Nous avons cherché, en nous appuyant sur ces résultats, les conditions dans lesquelles il fallait se placer pour réaliser, en pratique, la destruction des Charançons contenus dans les grains. 1^{hl} du maïs charançonné dont nous nous sommes servi avait comme densité apparente 0,715, et comprenait 62^{l} réels de grains et 38^{l} d'air interstitiel. S'il n'avait été nécessaire, pour tuer les Charançons, que de vaporiser les proportions de chloropicrine indiquées dans le Tableau ci-dessus, il aurait suffi de quelques grammes du produit par hectolitre. Mais, d'une part, l'insecte est abrité dans l'intérieur du grain, et, d'autre part, ce dernier fixe, au moins d'une façon passagère, une petite proportion de vapeur toxique. Il faut donc, comme les expériences nous en ont donné la preuve, employer plus de chloropicrine pour tuer les Charançons contenus dans les grains que pour tuer les Charançons libres.

En variant les conditions expérimentales, nous avons vu que les doses à employer varient d'une manière assez sensible avec les circonstances : épaisseur de la couche de grains, durée du contact avec la vapeur de chloropicrine, température, etc.

Le traitement direct du grain contenu dans les sacs, qui est à la fois le plus pratique et le plus difficile, a pu être réalisé avec succès à la suite de nos expériences : en versant de 20^{g} à 25^{g} de chloropicrine sur chacun des sacs couchés sur le sol d'un local clos, une vingtaine d'heures ont suffi pour assurer la mort de tous les Charançons, la température étant comprise entre 10° et 12°. Les insectes tués sont presque tous sortis des grains; ils peuvent être facilement éliminés à l'aide d'un tarare et le grain donné en nourriture aux animaux [1].

Cette méthode, très simple et très efficace, assure en même temps la destruction des insectes qui ont pu quitter les grains et se cacher dans les fentes du plancher et des murs du local où s'effectue le traitement.

A 17 heures et quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 18 heures.

É. P.

---

(1) D'après une analyse parue dans *Chemical Abstracts* (t. 13, 1919, p. 873), W. Moore a observé que la chloropicrine pouvait tuer le Charançon des céréales (*Sitotroga cerealella*), à la dose d'une demi-livre par 1000 pieds cubes. Nous n'avons pas encore pu nous procurer le Mémoire original et prendre connaissance des conditions dans lesquelles l'auteur s'est placé.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances d'août 1919.

Les enseignements chirurgicaux de la grande guerre (front occidental), par Ed. Delorme. Paris, Maloine, 1919; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Laveran.)

Le voyage de circumnavigation du « Bordelais » de 1816 *à* 1819, par L. Doublet. Bordeaux, Gounouilhou, 1919; 1 fasc. 24cm. (Présenté par M. Bigourdan.)

Rapport succinct sur l'état du Palais des Académies après le départ des Allemands, par Louis Le Nain. Bruxelles, Hayez, 1919; 1 fasc. 25cm.

Chambre des mines de Madagascar. *Annuaire*, 1918. Tananarive, Imprimerie de l'Imerina; 1 vol. 27cm.

Diamètre et forme du disque lunaire, par S. Chevalier. T'ou-sè-wè, Zi-ka-wei, Changhaï, 1915; 1 fasc. 31cm.

Amas d'étoiles Messier 22 *N. G. C.* 6656, par S. Chevalier. T'ou-sè-wè, Zi-ka-wei, Changhaï, 1915; 1 fasc. 31cm.

La Compagnie dei Barracelli in Sardegna, par Alfredo Pino-Branca. Cagliari, Virigilio Mussanti, 1915; 1 fasc. 20cm.

La polizza di Carico in Sardegna durante il periodo mercantilista, par Alfredo Pino-Branca. Cagliari, Floris-Marcello, 1914; 1 fasc. 24cm.

L'influsso delle teorie mercantiliste in Sardegna, par Alfredo Pino-Branca. Cagliari, Floris-Marcello, 1914; 1 fasc. 24cm.

The basic principle of nature and its equations, by Gunnar C. Engstrand. New-York, chez l'auteur, 1919; 1 fasc. 23cm.

De nuttige planten van Nederlandsch-Indië, par K. Heyne, vol. II, III et IV. Batavia, Ruygrok, 1916 et 1917; 3 vol. 25cm.

Statistiek van de scheepvaart in Nederlandsch-Indië over het jaar 1917 *samengesteld*, bij het Hoofdbureau van Scheepvaart. Weltevreden, Albrecht, 1918; 1 vol. 27cm.

Gedenkboek van het Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte te Rotterdam (1769-1919). Rotterdam, 1919; 1 vol. 30cm.

Ouvrages reçus dans les séances de septembre 1919.

Un manuscrit inédit de Dolomieu sur la minéralogie du Dauphiné, par A. Lacroix. Grenoble, Allier frères, 1919; 1 fasc. 25cm.

Cours de Chimie à l'usage des étudiants P. C. N. et S. P. C. N., par R. de Forcrand, tome II, 2e édit. Paris, Gauthier-Villars, 1919; 1 vol. 23cm.

Tractat elemental de química per A. Lavoisier, primera part, traduit de l'edició publicada pel Ministeri d'Instrucció pública de França, per Miquel A. Baltà i Florenci Coma. Barcelona, Bellsoley i Llauger, 1919; 1 vol. 21cm.

Annuaire général de la France et de l'étranger, publié sur l'initiative du Comité du Livre, pour l'année 1919. Paris, Comité du Livre, 1919; 1 vol. 20cm.

L'année biologique, 22e année, 1917. Paris, Lhomme, 1919; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Yves Delage.)

La probabilité dans les tirs de guerre, par Jean Aubert. Paris, Gauthier-Villars, 1919; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

Applications de la photographie aérienne aux levés topographiques de précision. Appareil de photorestitution, par H. Roussilhe. Extrait des *Annales hydrographiques*, 1917. Paris, Imprimerie nationale, 1917; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

Les spectres numériques, par Michel Petrovitch. Paris, Gauthier-Villars, 1919; 1 vol. 25cm.

ADDENDA.

A la Note de M. **Eligio Perucca**, *Sur les ondes planes latéralement indéfinies*, ... (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, 2e semestre, p. 721, ajoutez l'observation suivante :

« Dans mes remarques, j'ai entendu donner l'interprétation expérimentale du résultat théorique obtenu par M. Roy dans son travail. »